

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



# Metodologias de Projecto de Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia – Caso de Estudo

Gonçalo Ribeiro Ferreira

**Dissertação**

**Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente**

**2014**

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



# Metodologias de Projecto de Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia – Caso de Estudo

Gonçalo Ribeiro Ferreira

**Dissertação**

**Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente**

Trabalho realizado sob a supervisão de

David Salema (LNEG)

Dulce Boavida (FCUL)

**2014**

## **Agradecimentos**

Agradeço ao David Salema pela grande disponibilidade mostrada ao longo da realização da tese e pela orientação e motivação que me transmitiu inclusive nos momentos em que menos focado estava nos objectivos pretendidos por este trabalho.

À Professora Dulce Boavida pela orientação e conhecimentos transmitidos.

Ao Engenheiro Luís Hagatong pela disponibilidade demonstrada ao longo da realização do trabalho, e à Schneider Electric pela oportunidade que me foi dada, ganhando experiência na área da eficiência energética, e tendo acesso a ferramentas sem as quais não teria sido possível finalizar este trabalho.

Ao António Abreu pela ajuda e apoio dados durante as visitas de campo realizadas e montagem dos equipamentos utilizados para este trabalho no edifício caso de estudo.

À Rita pelo apoio e motivação que me deu em todos os momentos da realização deste trabalho, especialmente nos mais difíceis.

Aos meus amigos pelo seu companheirismo ao longo de todos os momentos que marcaram o meu percurso académico.

Aos meus pais pelo investimento feito na minha formação e apoio dado desde sempre.

## **Abstract**

The management of energy consumption by organizations is of major importance, both economically and environmentally. Therefore and considering the growing demand of energy to use in various activities and organizations, there is the need to manage energy on the best possible way. In this context the use of Energy Management Systems (EMS), for example in the ISO 50001 Standard, has been associated with a growing relevance, as a methodological tool for broad applications, capable of enabling and promoting the generation, quantification of energy saving, and establishing itself as an effective contribute to the sustainability of organizations.

In order to support energy management there are various commercial solutions of energy consumption monitoring, consisting in the implementation of technical instrumentation for measuring, gathering, communicating, analyzing and presenting data on energy consumption. It was verified, however that these systems - Energy Monitoring and Reporting Systems (EMRE) -are not, as a rule, suitable to the singularity of the consumption profiles of the installations they are intended to, and do not have, by their nature, the ability to make easier the compliance with the requirements determined by and EMS as the ISO 50001.

The present work aimed to answer this question by developing and testing methodologies of identification of critical variables associated with the design and implementation phases of Energy Monitoring and Reporting Systems that support EMS based on ISO 50001. For this purpose, it was used as case study, the implementation of ISO 50001 to a large services building. It was designed an EMRE adequate to this building as well as to the Measurement and Verification plan set to the building within the ISO 50001 Standard.

It was concluded that, despite the many advantages achieved by implementing a EMRE, the available and tested systems are still not very flexible in terms of software and analysis capabilities of the monitored data, being difficult to direct the system to get the critical information needed to the energy management process carried out by an EMS. Existing EMRE have its weak point in analysis capabilities, as computational tools have its focus on monitoring energy consumption, and still lack the ability to analyze and report the performance of organizations. It is suggested that future efforts are made in order to provide these tools with greater data analysis capabilities.

**Key Words:** **Energy Management in Comercial Buildings, Energy Management Systems, ISO 50001, Energy Monitoring and Reporting Systems.**

## Resumo

A gestão do uso e consumo de energia nas organizações tem uma grande importância do ponto de vista económico e ambiental. Assim sendo, e face à crescente necessidade de energia para as várias actividades das diferentes organizações, surge a necessidade cada vez maior de realizar a melhor gestão de energia possível. Neste contexto, tem-se associado à utilização de Sistemas de Gestão de Energia (SGE), tais como o definido pela Norma NP EN ISO 50001, uma importância crescente, enquanto ferramenta metodológica, capaz de viabilizar e promover a geração e quantificação da poupança energética, afirmando-se como um contributo efectivo para a sustentabilidade das organizações.

No sentido de apoiar a gestão de energia, surgem várias soluções comerciais de monitorização de consumos de energia, compostas pela implementação de instrumentação técnica de medição, plataformas de recolha, comunicação, análise e disponibilização de dados relativos aos consumos de energia. No entanto, estes sistemas, denominados Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia (SMRE) não são, muitas vezes, adequados à singularidade dos perfis de consumo das instalações a que se destinam, e não possuem por natureza, capacidade de tornar mais fácil o cumprimento dos requisitos definidos por um SGE implementado de acordo com os requisitos estabelecidos no âmbito da Norma NP EN ISO 50001.

Com o presente trabalho pretendeu-se responder a esta questão, desenvolvendo e testando metodologias de identificação das variáveis críticas associadas às fases de desenho, projecto e implementação de Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia que sustentem SGE baseados na Norma ISO 50001. Para o efeito utilizou-se como objecto de estudo a implementação da Norma ISO 50001 a um grande edifício de serviços, e desenhou-se um SMRE adequado ao edifício em causa, e ao plano de M&V definido para o mesmo no âmbito da Norma ISO 50001.

Concluiu-se que, apesar das várias vantagens obtidas pela implementação de um SMRE, os sistemas disponíveis e experimentados são ainda pouco flexíveis ao nível de *software* e de capacidades de análise dos dados monitorizados, sendo difícil dirigir o sistema para obter a informação crítica necessária para o processo de gestão de energia efectuada por um SGE. Os SMRE existentes têm o seu ponto fraco nas capacidades de análise, já que ferramentas computacionais dos mesmos têm o foco na monitorização de consumos energéticos, não tendo ainda capacidade de analisar e reportar o desempenho energético das organizações. Sugere-se que os esforços futuros sejam feitos no sentido de dotar estas ferramentas de maior capacidade de análise dos dados.

**Palavras-chave:** **Gestão de Energia em Edifícios de Serviços, Sistemas de Gestão de Energia, Norma NP EN ISO 50001, Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia.**

## Índices

Agradecimentos.....	3
Abstract .....	4
Key Words: .....	4
Resumo.....	5
Palavras-chave:.....	5
1. Introdução.....	13
1.1 Contexto .....	13
1.2 Objectivos.....	16
1.3 Organização da dissertação .....	16
2. Enquadramento Geral.....	19
2.1 Utilização de Energia na Europa e na EU .....	19
2.2 Utilização de Energia em Portugal .....	20
2.3 Indicadores de Eficiência Energética em Portugal .....	21
2.4 Conceitos-chave .....	23
2.4.1 Consumo Energético de Referência ( <i>Baseline</i> ) .....	23
2.4.2 Indicadores de Desempenho Energético (IDE) .....	25
2.4.3 Contratos de Desempenho Energético (CDE) e Modelo ESE.....	29
2.4.1 Plano de Medição e Verificação (M&V).....	30
3. Sistemas de Gestão de Energia, Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia e relação entre os dois.....	31
3.1 Sistemas de Gestão de Energia.....	31
3.1.1 Definição do conceito de Sistema de Gestão de Energia .....	31
3.1.2 Norma ISO 50001 .....	32
3.1.3 Organização de um Sistema de Gestão de Energia do tipo ISO 500001 – Aspectos da Gestão e Aspectos Técnicos .....	34
3.1.4 Outros Sistemas de Gestão de Energia.....	36
3.1.5 Regulamentos portugueses: SGCIE, RGCE, SCE(RECS).....	40

3.2	Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia .....	45
3.2.1	Conceito de Sistema de Monitorização e Reporte de Energia.....	45
3.2.2	Tipos de abordagem à medição de energia.....	47
3.2.3	Aplicações de um SMRE .....	49
3.3	Relação entre SMRE e SGE .....	51
4.	Implementação de um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia .....	53
4.1	Plano de implementação do SMRE.....	53
4.1.1	Determinar objectivos do SMRE.....	53
4.1.2	Determinar Indicadores de Desempenho Energético (IDE's) .....	53
4.1.3	Determinar os Pontos de Medição.....	54
4.2	Componentes de um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia .....	56
4.3	Tecnologias de Medição e Monitorização.....	57
4.3.1	Equipamentos de Medição .....	57
4.3.2	Comunicação e Transmissão de Dados .....	65
4.3.3	Armazenamento de Dados.....	69
4.3.4	Ferramentas Computacionais de Análise dos Dados.....	70
5.	Caso de estudo – Edifício do Campus de Alfragide do LNEG .....	73
5.1	Caracterização energética do Campus de Alfragide.....	73
5.1.1	Consumo Energético de Referência e Metodologia de Ajustes da <i>Baseline</i> .....	73
5.1.2	Energia Eléctrica .....	74
5.1.3	Energia Térmica .....	75
5.1.4	Identificação de Indicadores de Desempenho Energético .....	77
5.2	Plano de M&V.....	77
5.2.1	Medição e Verificação do Desempenho Energético da instalação – reporte mensal ....	77
5.2.2	Medição e Verificação do Desempenho Energético dos USE.....	78
5.2.3	Medição e Verificação do Desempenho Energético da instalação – reporte anual .....	78
5.3	Conclusões sobre o Caso de Estudo .....	79
6.	Proposta de SMRE a implementar (Caso de Estudo).....	81
6.1	Processo de planeamento e projecto do SMRE.....	81

6.1.1	Determinar objectivos do SMRE.....	81
6.1.2	Determinar Indicadores de Desempenho Energético (IDE's) .....	81
6.1.3	Determinar os Pontos de Medição.....	81
6.2	Componentes do SMRE .....	85
6.2.1	Contadores e Sensores ( <i>Hardware</i> ).....	85
6.2.2	Sistema de Aquisição de Dados, <i>Gateway</i> e Serviço de Comunicação ( <i>Hardware</i> ).....	87
6.2.3	Base de Dados Remota e <i>Software</i> de visualização e análise de dados.....	89
6.3	Análise Técnico-Financeira.....	90
7.	Análise crítica.....	93
8.	Conclusões .....	97
9.	Anexos.....	99
	Anexo I – Aplicações de um SMRE .....	99
	Anexo II – Tecnologias de Medição de Gás .....	104
10.	Bibliografia.....	109



Figura 1 – Evolução do consumo de energia primária no mundo desde o fim da Revolução Industrial. (International Institute for Applied Systems Analysis, 2012) .....	13
Figura 2 – Temperatura global e concentração de CO <sub>2</sub> na atmosfera. (National Climatic Data Center - National Oceanic and Atmospheric Administration) .....	13
Figura 3 – Reservas mundiais de Combustíveis Fósseis por região do globo em 2012 (BP, 2013) .....	14
Figura 4 – Energia Primária total utilizada no mundo e na União Europeia em 2011 e distribuição por fonte de energia primária. (IEA, 2014) .....	19
Figura 5 – Energia Final consumida no mundo em 2011, e distribuição por sector de actividade. (IEA, 2014).....	19
Figura 6 – Consumo de Energia Primária em Portugal e Consumo bruto de Electricidade entre o ano 1995 e 2012. (DGEG, 2014) .....	20
Figura 7 – Consumo de Energia Final por sector de actividade em Portugal em 2011. (DGEG, 2013).....	20
Figura 8 – Consumo de Energia Final no sector da Indústria e fontes de energia entre 1995 e 2012 (DGEG, 2014) .....	21
Figura 9 – Consumo de Energia Final no sector dos Serviços e fontes de energia entre 1995 e 2012 (DGEG, 2014) .....	21
Figura 10 – Intensidade Energética nos diversos sectores de actividade em Portugal entre 1995 e 2012 (DGEG, 2014) .....	22
Figura 11 – Emissões totais de CO <sub>2</sub> e Intensidade carbónica por PIB em Portugal entre 1995 e 2011 (DGEG, 2014) .....	22
Figura 12 – Conjunto de passos necessários para a determinação do CER. Adaptado de (Northwest Energy Efficiency Alliance, 2013).....	23
Figura 13 – Correlação estatística linear com uma variável (Adaptado de (Dantoin, 2010)).....	25
Figura 14 – Consumo de gás semanal vs. Temperatura média semanal nas semanas típicas de aquecimento e fora da estação de aquecimento.....	28
Figura 15 – Correlação entre o consumo mensal de gás em kg e o número de Graus-Dia de Aquecimento Mensal Ajustados apenas para os dias úteis e sem ajuste para os dias úteis.....	28
Figura 16 – Número de localizações certificadas a nível mundial (Peglau, 2014).....	32
Figura 17 – Modelo de Sistema de Gestão de Energia para a Norma ISO 50001 (ISO, 2011).....	33
Figura 18 – Aspectos de Gestão e Técnicos de um Sistema de Gestão de Energia e correspondência com os capítulos da Norma ISO50001 (Adaptado de (McCaffrey & Monaghan, 2012)).....	35
Figura 19 - Passos para a Gestão da Energia segundo o programa <i>Energy Star</i> (Environmental Protection Agency, 2013).....	36
Figura 20 – Integração dos vários consumos energéticos, regulamentados e não regulamentados no SGE .....	44
Figura 21 – Enquadramento de um SMRE ao abrigo de um SGE (Adaptado de (McCaffrey & Monaghan, 2012) .....	51

Figura 22 – Variáveis a determinar para identificar o Ponto de Medição (Adaptado de (Genet & Schubert, 2013)).....	55
Figura 23 – Componentes de um SMRE.....	57
Figura 24 – Representação do interior de um contador de electricidade mecânico (Electric Engineering Portal, 2012).....	58
Figura 25 – Leitor Óptico Automático de Contadores ( <i>Optical Automatic Meter Reader</i> ) (Northstar Telemetry, 2013).....	59
Figura 26 – Representação de um transformador de corrente e o símbolo de circuito (Electronics Tutorials).....	61
Figura 27 – Transformadores de corrente do tipo núcleo sólido (Schneider Electric).....	62
Figura 28 – Transformadores de corrente do tipo núcleo aberto (Schneider Electric).....	62
Figura 29 – Pinça amperimétrica da marca Fluke (Fluke, 2013).....	62
Figura 30 – Esquema do funcionamento de um Contador de Entalpia. (Adaptado de (Deltaflowtech, 2011)).....	64
Figura 31 – Contador de Entalpia com módulo de cálculo electrónico integrado. (Metering Solutions UK , 2005).....	64
Figura 32 – Contador de Entalpia com módulo de cálculo electrónico separado do caudalímetro. (Metering Solutions UK , 2005).....	64
Figura 33 – Diferentes opções de armazenamento dos dados pelo SMRE e características.....	70
Figura 34 – Evolução mensal dos consumos globais e emissões de CO <sub>2e</sub> associadas, de 2010 a 2012.....	74
Figura 35 – Estimativa dos consumos diários de gás propano e temperaturas médias exteriores entre 2009 e 2013.....	76
Figura 36 – Correlação entre o total de GDAq mensais e consumo de gás propano nos meses de aquecimento ente 2010 e 2012. (Salema, Abreu, & Palma, 2014).....	76
Figura 37 – Esquema de comunicação dos vários contadores (Adaptado de Schneider Electric).....	88
Figura 38 – <i>Cashflow</i> do investimento num SMRE considerando as poupanças de recursos e pessoal.....	91
Figura 39 – Representação de um Contador de Diafragma (American Meter Company, 2014).....	104
Figura 40 – Esquema de um medidor de Êmbolos Rotativos (DMS Flow Measurement).....	104
Figura 41 – Esquema representativo do medidor de Placa de Orifício.....	105
Figura 42 – Esquema representativo do medidor de Tubo de Venturi.....	105
Figura 43 – Corte transversal de um medidor de Annubar.....	105
Figura 44 – Esquema representativo do medidor de turbina (US Department of Energy, 2011).....	106
Figura 45 – Esquema representativo do medidor de vórtice (US Department of Energy, 2011).....	106
Figura 46 – Esquema de funcionamento de um medidor Ultra-sónico de Doppler.....	107
Figura 47 – Esquema de funcionamento de um medidor Ultra-sónico de Tempo de Trânsito.....	107
Figura 48 – Esquema do Medidor de Térmico.....	108
Figura 49 – Esquema do Medidor de Coriolis.....	108

Tabela 1 – Integração da ISO 50001 com o SGCIE, RGCE e SCE .....	42
Tabela 2 – Comparação e detalhes dos vários tipos de medição / monitorização. (Adaptado de (U.S. Department of Energy)).....	49
Tabela 3 – Vantagens e Desafios dos diferentes tipos de contadores (Sullivan, Hurt, Pugh, Sandusky, Koehler, & Boyd, 2011) .....	61
Tabela 4 – Comparação e descrição de várias tecnologias sem fios suas vantagens (Schneider Electric, 2012).....	68
Tabela 5 – Vantagens e desafios das várias tecnologias de comunicação de dados.....	69
Tabela 6 – IDE do Campus de Alfragide .....	77
Tabela 7 – Monitorização do desempenho energético dos USE. (Salema & Abreu, 2014).....	78
Tabela 8 – Características de medição em tempo real do contador de energia eléctrica.....	85
Tabela 9 – Valores mínimos e máximos medidos pelo contador .....	85
Tabela 10 – Medição de energia pelo contador.....	86
Tabela 11 – Análises financeiras .....	91
Tabela 12 – Tabela comparativa das várias tecnologias de medição de gás. (Adaptado de (Bronkhorst UK, 2014), (Womack), (American Gas Association, 2011) .....	108



# 1. Introdução

## 1.1 Contexto

Desde a revolução industrial, a humanidade habituou-se a um nível de vida baseado no consumo intensivo de energia utilizado nas várias actividades do ser humano. O consumo de energia cresceu de forma exponencial nos últimos 200 anos e continua ainda hoje a crescer a uma média de 2% por ano (Figura 1). (International Institute for Applied Systems Analysis, 2012).

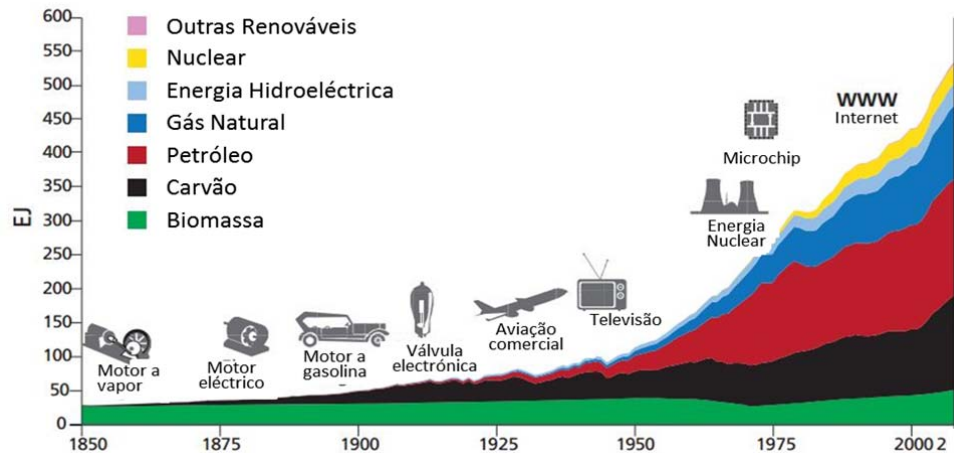


Figura 1 – Evolução do consumo de energia primária no mundo desde o fim da Revolução Industrial. (International Institute for Applied Systems Analysis, 2012)

O vector energético principal no início da sociedade moderna começou por ser o carvão, passando posteriormente a ser o petróleo, ambos combustíveis fósseis, cujas reservas não se renovam à mesma velocidade que o consumimos. Além disso a sua combustão emite gases que promovem o efeito de estufa (GEE), como o  $\text{CO}_2$ , entre outros. Hoje em dia existem vários indícios que demonstram que emissão desses gases pode ter consequências ambientais, como por exemplo alterações climáticas e aquecimento global. A Figura 2 relaciona a concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera com a temperatura média do planeta. (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change).

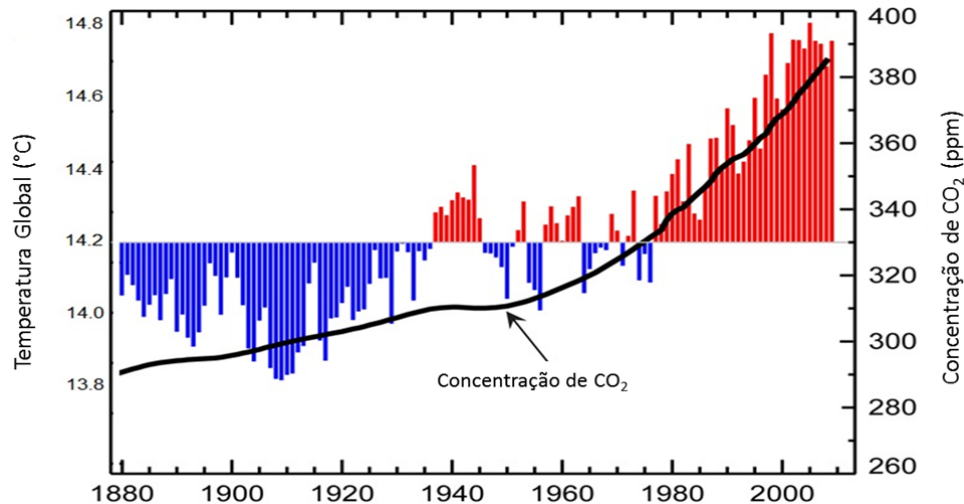


Figura 2 – Temperatura global e concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera. (National Climatic Data Center - National Oceanic and Atmospheric Administration)

Para evitar, ou abrandar as consequências derivadas da emissão de gases de efeito de estufa (GEE) a Comunidade Internacional tem vindo a reunir esforços para a sua redução. Para tal têm-se promovido

a elaboração de protocolos a nível mundial, como por exemplo o protocolo de Quioto, assim como a promoção de políticas europeias, como foi por exemplo o pacote de metas designado “20-20-20” aprovado em 2008 pela União Europeia (EU), cujos objectivos são: a redução de 20% da emissão de GEE com base no ano de 1990 e até 2020; o aumento de 20% da cota de energias renováveis até 2020; e aumento de 20% da eficiência energética até 2020. (Agência Portuguesa do Ambiente, 2013). Mais recentemente, em Outubro de 2014, os líderes da União Europeia concordaram com a redução de pelo menos 40% de emissão de GEE com base no ano de 1990 até 2030. (European Commission, 2014)

Os combustíveis fósseis são uma fonte de energia que não se renova à mesma velocidade que a sociedade os consome, demorando milhões de anos a produzirem-se novas reservas destes recursos. Além disso é um recurso que não está homogeneamente espalhado no planeta, havendo regiões do globo, como o Médio Oriente, que contém 48% das reservas de petróleo do planeta, ou países, como a Venezuela, que tem 18% das reservas mundiais de petróleo, ou no caso do gás natural países como o Irão com 18% das reservas mundiais, da Rússia com 17,6%, e do Catar que tem 13,4% do gás natural existente no planeta. Na Figura 3 podem-se observar os valores totais e as percentagens por zonas do globo das reservas conhecidas em 2012 de petróleo, gás natural e carvão. (BP, 2013)

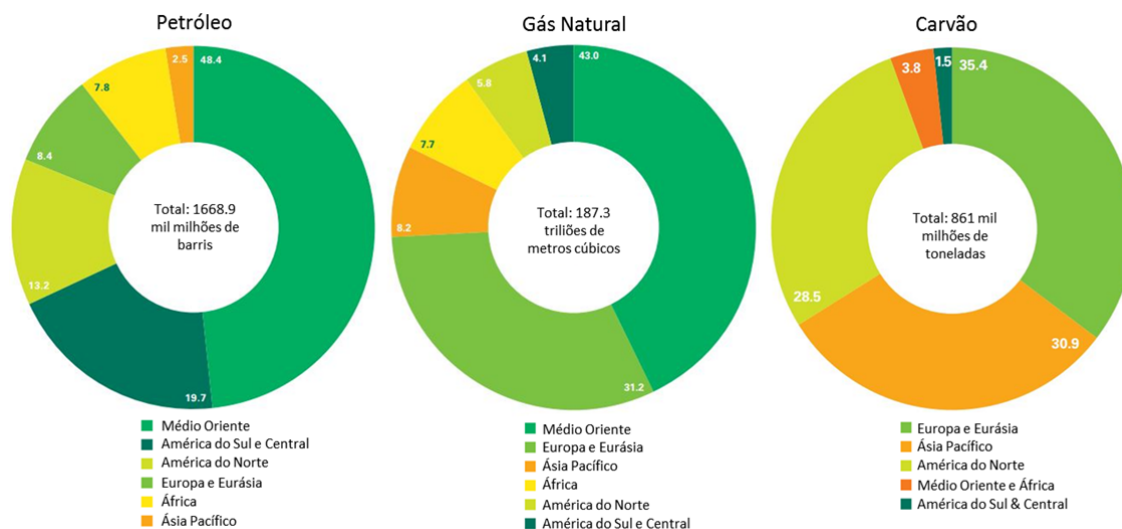


Figura 3 – Reservas mundiais de Combustíveis Fósseis por região do globo em 2012 (BP, 2013)

Por oposição, Portugal, e grande parte da Europa, não tem recursos de combustíveis fósseis de qualidade e em quantidade suficiente para suprir as necessidades actuais. Assim existe a necessidade de importar combustíveis fósseis, principalmente petróleo e gás natural, para suprir a procura. Em Portugal, em 2010 a dependência externa de combustíveis fósseis foi de aproximadamente 78%, um número ainda bastante alto, apesar de ter vindo a diminuir nos últimos anos. (DGEG, 2013). Estes combustíveis fósseis são muitas vezes provenientes de países ou regiões com alguma instabilidade política e com frequentes conflitos militares, o que leva a que os preços dos combustíveis variem bastante e atinjam valores bastante altos, o que resulta em encargos adicionais para o nosso país e numa balança comercial desequilibrada e com um saldo exportador negativo.

Por um lado, são conhecidas as consequências para o ambiente derivadas da utilização de combustíveis fósseis, pelo que para que se possa continuar o desenvolvimento socioeconómico e mantenha, ou melhore, a qualidade de vida das populações, e não se agrave a problemática das alterações climáticas, é necessário reduzir o consumo de combustíveis fósseis.

Por outro lado, existe a questão da segurança de abastecimento e dos custos energéticos dos combustíveis fósseis imprevisíveis e tendencialmente cada vez mais altos.

Estas problemáticas têm duas possíveis soluções: alterar a matriz energética para fontes renováveis e endógenas; e otimizar a utilização da energia através do aumento da eficiência energética.

A eficiência energética assume-se como uma questão vital para a manutenção e melhoria da qualidade de vida da humanidade sem causar maiores alterações ao planeta e ao ambiente.

Por definição, eficiência energética é utilizar menos energia para obter melhores resultados. Das duas soluções apresentadas a eficiência energética poderá ser a mais barata, apesar de, para resolver o problema de forma completa ser necessário conjugar as duas soluções. A eficiência energética poderá ser a solução mais económica, porque a unidade de energia mais barata é aquela que é poupada. A eficiência energética é assim uma ferramenta poderosa e de baixo custo para alcançar um futuro energético sustentável.

No sentido de promover a eficiência energética a UE e o Estado Português têm implementado várias medidas de regulamentação dos consumos energéticos. Em Portugal é exemplo disso a criação de Regulamentos como os RGCE e SGCIE para os consumidores intensivos de energia e o SCE (REH e RECS) que regulam a utilização de energia nos edifícios. Todos estes Regulamentos surgiram como forma de regular os usos energéticos, e com o objectivo de aumentar a eficiência energética no país. Estes Regulamentos prevêem a utilização de medição e monitorização no sentido de conhecer melhor os consumos das organizações.

Os esforços por reduzir os consumos de energia, aumentando a eficiência energética não são apenas a nível político e governamental, estendendo-se a todos os sectores da sociedade, especialmente às empresas e organizações, que com os custos energéticos a aumentar têm de fazer uma adequada gestão da energia, já que a energia corresponde a um custo cada vez mais importante nas suas actividades.

Hoje em dia os edifícios são responsáveis por 40% do consumo total de energia e por 36% das emissões de CO<sub>2</sub> na UE, e as previsões apontam para um aumento do consumo de energia no sector dos edifícios à medida que as exigências de conforto dos ocupantes e utilizadores aumentam. (Buildings Performance Institute Europe, 2011). Dentro dos edifícios, os de serviços têm uma grande relevância nos consumos de energia. Neste contexto fazer uma adequada gestão da energia e dos recursos tem tido uma importância cada vez maior enquanto contributo para promover a sustentabilidade das organizações.

A única maneira de poder aumentar a eficiência energética de uma organização, otimizar os recursos energéticos consumidos e fazer uma adequada gestão da energia é conhecendo os seus consumos. E para conhecer os consumos energéticos de um equipamento, edifício ou organização é necessário medi-los, utilizando equipamentos de medição apropriados. A conhecida máxima da gestão empresarial: “não se pode gerir o que não se pode medir”, aplica-se totalmente no caso da gestão de energia e procura de eficiência energética.

No caso dos edifícios, a utilização de equipamentos de medição e contagem de energia surgiu por necessidade das empresas fornecedoras de energia no sentido de poderem contabilizar e cobrar a energia consumida pelos clientes. No caso da energia eléctrica, quando Thomas Edison começou a vender energia eléctrica para iluminação, em 1882, cobrava um valor fixo por cada lâmpada, não existindo uma contagem da energia consumida. Passado pouco tempo Edison desenvolveu um método de contagem baseado numa reacção química de oxidação-redução, mas este método era ainda pouco eficiente e preciso. (Wired, 2008). Em 1886 Edward Weston desenvolvia o primeiro instrumento prático e preciso de medição de corrente eléctrica, ou seja, o primeiro amperímetro, e teve tanto sucesso com os seus instrumentos que fundou uma empresa apenas dedicada ao desenvolvimento de equipamentos de medição. (IEEE Global History Network). Mas o verdadeiro contador de energia (Watt-hora) apareceu mais tarde, em 1894, e foi Oliver Blackburn Shallenberger quem o desenvolveu. (Dahle, 2013). Desde então têm havido vários avanços tecnológicos neste sector até ao aparecimento mais recente dos chamados contadores inteligentes.

Existem actualmente no mercado variadas soluções para fazer a medição de consumos energéticos, algumas que fazem monitorização corrente e contém até funcionalidades de análise dos mesmos. No entanto, as metodologias de implementação destas soluções não incorporaram, normalmente, mecanismos que assegurem a adequação a todos os tipos de instalação e perfil de carga. A singularidade de cada instalação e perfil de consumo deve ser tida em conta aquando do momento de implementação da solução de monitorização.

A implementação de sistemas de monitorização de consumos energéticos é uma realidade generalizada nos dias de hoje, havendo cada vez mais organizações a recorrerem a estes sistemas para apoiar a sua gestão energética e procura por eficiência energética. Estudos recentes sobre o mercado dos sistemas de monitorização indicam que entre 2013 e 2018 se prevê um crescimento anual médio de mais de 17% no sector dos sistemas de monitorização. Uma análise feita nas regiões da América do Norte, Europa, Médio Oriente, África, Ásia e América Latina prevê que o mercado mundial cresça de US \$18 mil milhões de dólares americanos em 2013 para US \$39 mil milhões em 2018. (MarketsandMarkets, 2013)

Além da implementação de uma infra-estrutura que monitorize os consumos de energia, é cada vez mais frequente a utilização de uma série de normas, métodos e processos para fazer a gestão de energia de forma adequada, de forma a viabilizar e promover a geração e quantificação de poupanças energéticas. Uma ferramenta que tem sido referenciada como útil para melhorar a sustentabilidade das organizações, e que é cada vez mais frequentemente utilizada pelas mesmas a nível mundial, é um Sistema de Gestão de Energia. Há várias organizações que já implementaram a Norma ISO 50001, que define os requisitos para um Sistema de Gestão de Energia, e são cada vez mais as que o fazem.

## **1.2 Objectivos**

Com este trabalho pretende-se fazer uma análise das várias soluções de monitorização existentes do mercado, e das várias tecnologias e metodologias existentes, no sentido de identificar os pontos-chave que devem ser abordados aquando da implementação de uma infra-estrutura de monitorização.

Pretende-se principalmente desenvolver e testar metodologias expeditas de identificação e salvaguarda de questões críticas associadas às fases de desenho, projecto e implementação das infra-estruturas de monitorização, denominadas nesta dissertação por Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia (SMRE).

Pretende-se ainda verificar se os sistemas desenvolvidos são uma boa ferramenta de apoio à gestão da energia, e se são capazes de sustentar e apoiar um Sistema de Gestão de Energia como o descrito pela Norma ISO 50001.

No sentido de testar de forma prática os pontos anteriormente referidos utilizar-se-á como objecto de estudo a implementação de uma solução de monitorização disponibilizada no mercado a um edifício de serviços (Campus do LNEG de Alfragide).

## **1.3 Organização da dissertação**

Esta dissertação está dividida em 9 capítulos principais:

No capítulo 2 é feito um enquadramento sobre a situação actual da eficiência energética e dos usos de energia no mundo, na Europa, em Portugal e em particular na área dos edifícios de serviços e da indústria.

No capítulo 3 aborda-se alguns conceitos-chave dentro da temática da eficiência energética, essenciais para entender e enquadrar o tema principal da dissertação.

No capítulo 4 aborda-se aprofundadamente os Sistemas de Gestão de Energia, é dada a definição dos mesmos e referem-se vários tipos e exemplos.

No capítulo 5 introduzem-se os Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia, é feita uma definição do conceito e são enumeradas as suas vantagens, benefícios e aplicações

No capítulo 6 aborda-se a relação entre os Sistemas de Gestão de Energia e os Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia são descritas as relações entre estes conceitos.

No capítulo 7 apresenta-se o processo de planeamento da implementação de um SMRE. São abordadas as várias metodologias e tipos de abordagem possíveis e é feita uma descrição pormenorizada das tecnologias utilizadas e dos vários componentes de um SMRE.



No capítulo 8 é apresentado o caso de estudo, começando pela apresentação de uma caracterização da instalação, do Consumo Energético de Referência, dos Indicadores de Desempenho Energético determinados e do Plano de Medição & Verificação estabelecidos no âmbito da implementação de um SGE baseado na Norma NP EN ISO 50001.

No capítulo 9 encontra-se o processo de planeamento e projecto do SMRE advogado pelo autor, tendo em consideração as necessidades da organização e as características técnicas do SMRE escolhido.

Finalmente no capítulo 10 apresentam-se as conclusões do trabalho.



## 2. Enquadramento Geral

### 2.1 Utilização de Energia na Europa e na EU

Tal como é possível observar na Figura 1 – Evolução do consumo de energia primária no mundo desde o fim da Revolução Industrial, o consumo de energia a nível global tem vindo sempre a aumentar, exceptuando algumas ligeiras descidas no consumo devidas a recessões económicas (como nos anos 30 do séc. XX, ou mais recentemente em 2009). Na Figura 4 observa-se o valor total de energia primária utilizada no mundo em 2011 e a distribuição em percentagem por fonte de energia primária. É fácil concluir que o mundo continua a ser totalmente dependente dos combustíveis fósseis, que representam 82% do total de energia primária utilizada no mundo em 2011. Se a este valor adicionarmos os 10% de energia primária proveniente dos biocombustíveis e resíduos temos que 92% do total de energia primária utilizada no mundo em 2011 foi obtida através de combustão seja de combustíveis fósseis ou outros, cuja queima liberta gases causadores de efeito de estufa.

Na União Europeia com 27 Estados Membros (dados na Figura 4) foram utilizados 1654 milhões de Tep em 2011. Aproximadamente um terço (33,1%) da energia primária é proveniente do petróleo, seguido em percentagem pelo gás natural com 24,3% e do carvão com 17,3%. A principal diferença entre a União Europeia e o resto do mundo é a menor percentagem de utilização de carvão e maior utilização de nuclear. Pode-se ainda destacar uma menor utilização de biocombustíveis e resíduos na UE do que no resto do mundo (principalmente devido à maior utilização de lenha e madeira nos países em desenvolvimento), e a maior utilização de fontes de energia renovável (excepto hidroeléctrica) na União Europeia em relação ao resto do mundo. (IEA, 2014)

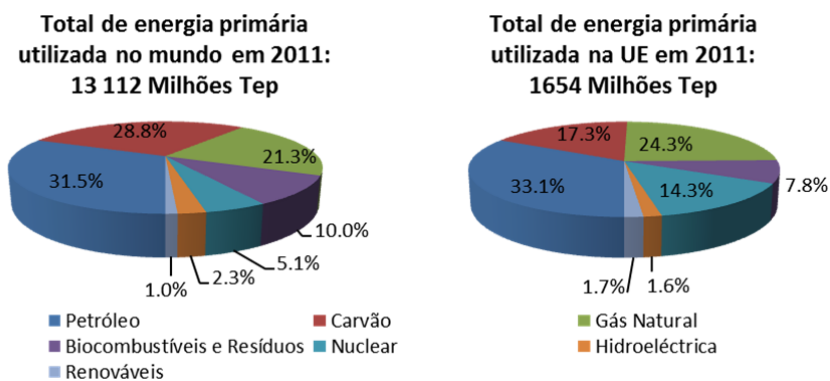


Figura 4 – Energia Primária total utilizada no mundo e na União Europeia em 2011 e distribuição por fonte de energia primária. (IEA, 2014)

Na Figura 5 são apresentados dados sobre o consumo de energia por sector de actividade. No que a este parâmetro diz respeito, é possível observar que a indústria foi responsável por quase um terço (32,1%) do consumo de energia final em 2011, seguida de perto pelo sector dos transportes com 30,7%, do sector doméstico com 26%, do sector dos serviços com 9%, e do sector da agricultura com 2,3%.

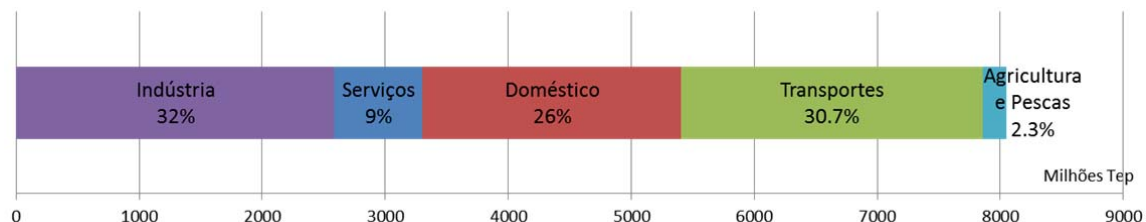


Figura 5 – Energia Final consumida no mundo em 2011, e distribuição por sector de actividade. (IEA, 2014)

## 2.2 Utilização de Energia em Portugal

Apesar de nos últimos anos ter havido uma redução da sua importância como fonte de energia primária, em Portugal, o petróleo continua a ser a principal fonte de energia primária, com 43,6% do total consumido em 2012, seguido pelo conjunto de energias renováveis com 20,9%, depois pelo gás natural com 18,6% e finalmente pelo carvão com 13,7%. Na Figura 6 pode-se observar a evolução do consumo de Energia Primária e o Consumo bruto de Electricidade em Portugal desde 1995 até 2012 e a repartição pela fonte de Energia Primária. É possível observar que o consumo de Energia Primária atingiu um pico em 2005 com 27 087 ktep e que desde aí tem havido um decréscimo deste consumo provocado pelo aumento da eficiência energética nos vários sectores de actividade, pela electrificação de vários processos, pela maior utilização de fontes renováveis e principalmente pela crise económica e desindustrialização do país. (DGEG, 2014)

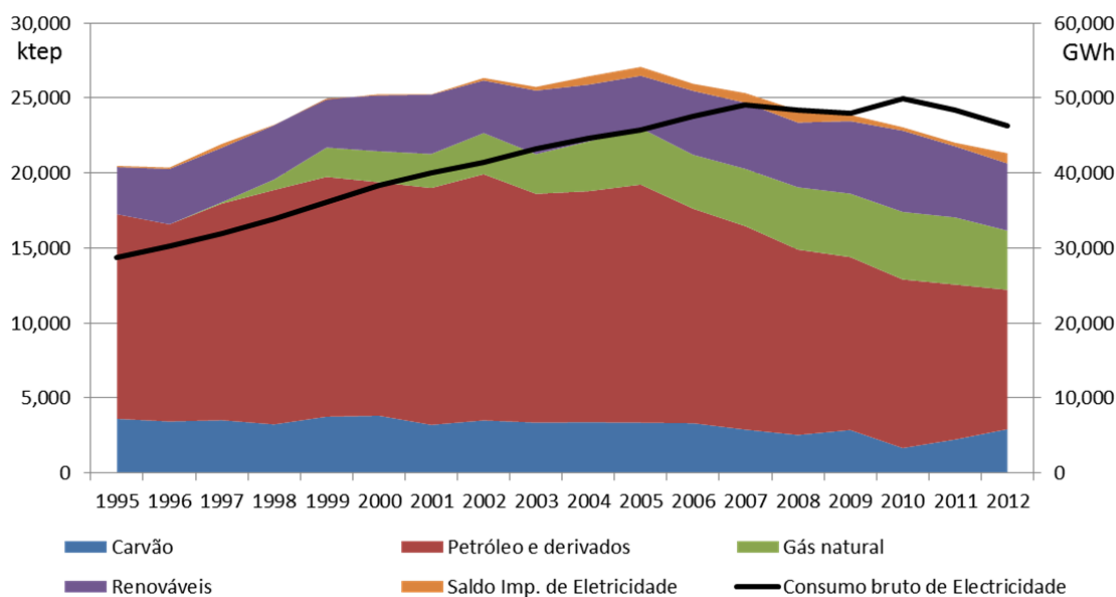


Figura 6 – Consumo de Energia Primária em Portugal e Consumo bruto de Electricidade entre o ano 1995 e 2012. (DGEG, 2014)

Em Portugal os sectores da indústria e de serviços, sectores nos quais se encontra o foco do tema desta dissertação, foram responsáveis por 44% (32% e 12% respectivamente) do consumo de energia primária em 2011, como é possível observar na Figura 7.

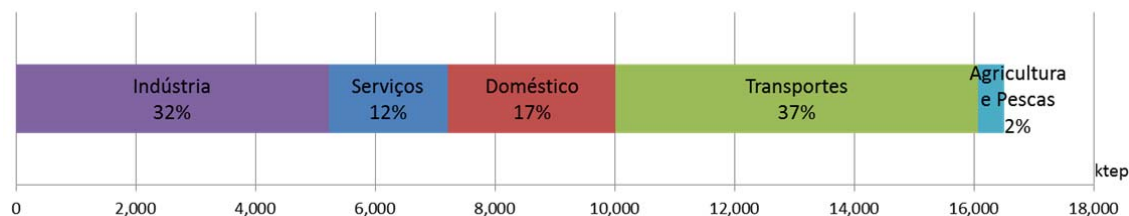


Figura 7 – Consumo de Energia Final por sector de actividade em Portugal em 2011. (DGEG, 2013)

Como se pode ver pela Figura 8 – Consumo de Energia Final no sector da Indústria e fontes de energia entre 1995 e 2012 Figura 8, o sector da indústria em Portugal em meados da década de 90 era caracterizado por ter uma componente energética baseada fortemente em petróleo e com muito menos intensidade algum carvão. Estes dois vectores energéticos reduziram bastante a sua importância no sector da indústria e em substituição assistiu-se à cada vez maior utilização de gás natural. A base de electricidade e calor aumentou ligeiramente, também substituindo em alguns casos o petróleo e o carvão.

Na Figura 9 podemos observar a evolução do consumo energético no sector dos serviços desde 1995 a 2012 e pode-se comprovar que este sector teve um grande crescimento no consumo de electricidade até ao ano de 2010, a partir do qual assistimos a estabilização do consumo de electricidade. O sector tinha uma elevada intensidade de petróleo que veio a subir até 2004, ano a partir do qual desceu de forma abrupta, sendo que hoje em dia o consumo de petróleo e derivados no sector dos serviços é praticamente negligenciável. O gás natural começou a surgir no consumo energético do sector dos serviços da mesma maneira que no sector da indústria, por volta do ano de 1999. Começa-se também a assistir à utilização de fontes de energia renovável, ainda que com uma importância baixa neste sector.

Ambos os sectores são hoje em dia caracterizados por vectores energéticos como a electricidade e o gás natural, sendo que estes dois vectores são onde incide o maior foco desta dissertação.

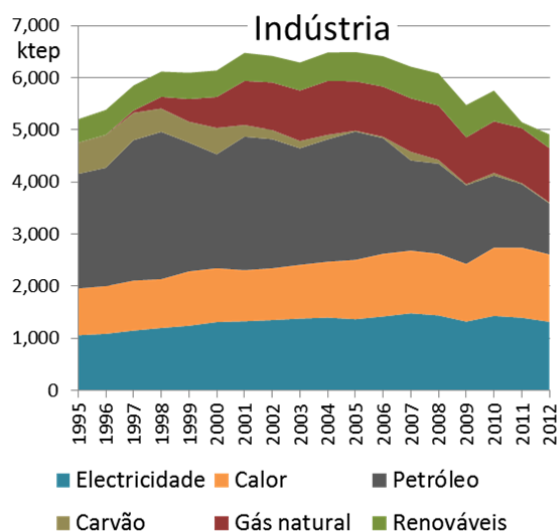


Figura 8 – Consumo de Energia Final no sector da Indústria e fontes de energia entre 1995 e 2012 (DGEG, 2014)

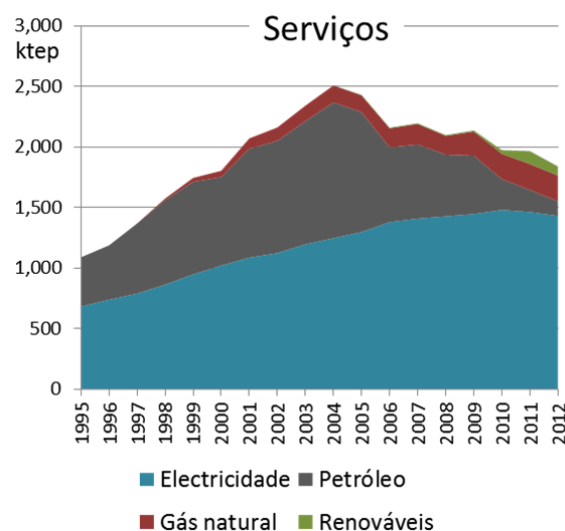


Figura 9 – Consumo de Energia Final no sector dos Serviços e fontes de energia entre 1995 e 2012 (DGEG, 2014)

### 2.3 Indicadores de Eficiência Energética em Portugal

A Intensidade Energética é a medida da eficiência energética associada à economia de um determinado país. É calculada pelo valor global da energia consumida nesse país a dividir pelo seu produto interno bruto. A Intensidade Energética pode também ser específica para cada sector de actividade. Em Portugal a Intensidade Energética, nos diversos sectores de actividade teve alguma variação ao longo do período 1995-2012.

Pela Figura 10, onde podemos observar a variação nos diversos sectores de actividade, podemos concluir que os sectores da indústria e da agricultura e pescas são os sectores mais energeticamente intensivos, sendo que o sector dos serviços é o sector menos energeticamente intensivo. O facto de ser um sector menos energeticamente intensivo não quer dizer que o consumo energético deva ser um factor a negligenciar na gestão das entidades deste sector. Com os custos energéticos a aumentar, é extremamente importante reduzir consumos já que no futuro a mesma quantidade de energia será sempre mais cara que no presente.

A Intensidade Energética nos sectores dos transportes e dos serviços teve um aumento ligeiro entre 1995 e 2003, sendo que a partir daí até 2012 a Intensidade Energética nesses sectores tem vindo a reduzir também ligeiramente. No sector da agricultura e pescas houve uma diminuição ao longo do período 1995-2012, ainda que seja uma variação irregular.

Pela Figura 10 pode-se concluir que entre 1995 e 2012 a Intensidade Energética no sector da indústria aumentou, apesar de ser uma subida irregular, com avanços e recuos significativos. Esta variação irregular é causada pelas grandes variações na actividade industrial dependentes da economia. Esta grande variação irregular, assim como a maior Intensidade Energética deste sector comparativamente com os outros sectores demonstra a importância de monitorizar os consumos e desempenhos energéticos nos vários processos da cadeia produtiva da indústria.

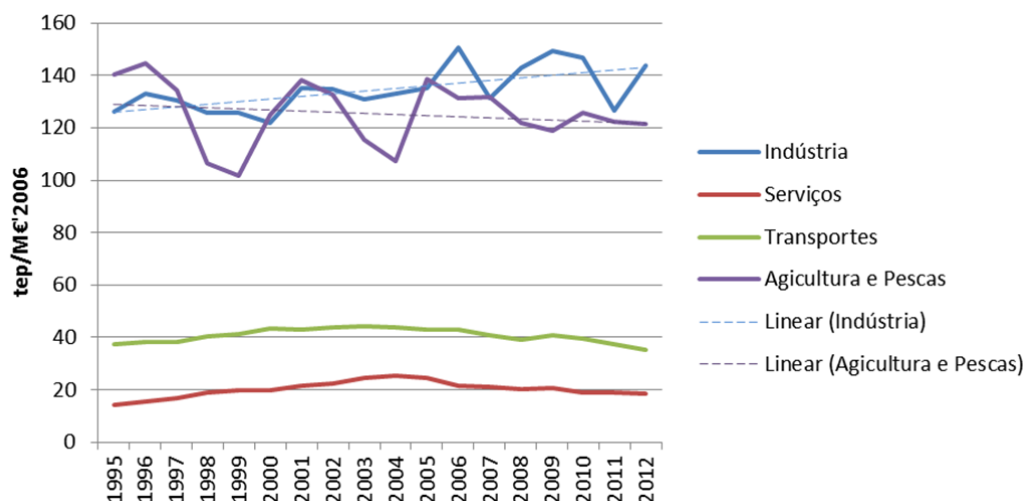


Figura 10 – Intensidade Energética nos diversos sectores de actividade em Portugal entre 1995 e 2012 (DGEG, 2014)

Na Figura 11 pode-se observar as Emissões Totais de CO<sub>2</sub> e Intensidade Carbónica em Portugal (que se define como rácio entre a emissão de gases de efeito de estufa, e o PIB) entre 1995 e 2011. No período entre 1995 e 1999 houve uma subida intensa das emissões de CO<sub>2</sub>, entre 1999 e 2005 ainda houve uma ligeira subida, ainda que quase se verifique a estabilização das emissões neste período, e a partir de 2005 até 2011 houve uma forte descida das emissões de CO<sub>2</sub> para valores semelhantes aos de 1995.

No que toca à Intensidade Carbónica, ou seja CO<sub>2</sub> por PIB temos que esta tem tido um comportamento decrescente ao longo do período 1995-2011. Este sinal demonstra o bom caminho do país no sentido de combater a emissão de GEE, já que o PIB manteve-se relativamente estável nesse período, e tem grande influência do investimento feito na produção eléctrica renovável instalada nos últimos anos.

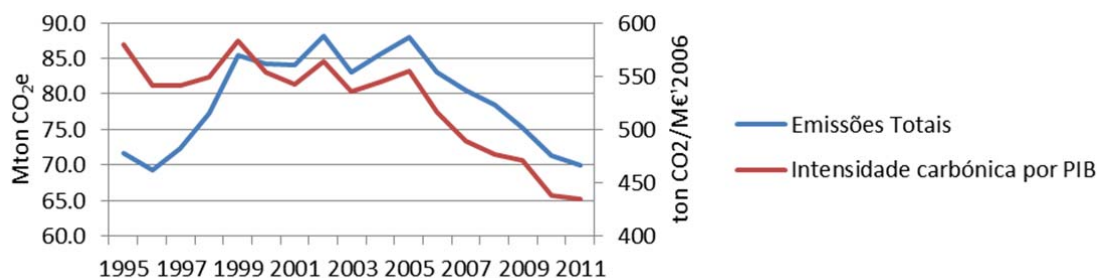


Figura 11 – Emissões totais de CO<sub>2</sub> e Intensidade carbónica por PIB em Portugal entre 1995 e 2011 (DGEG, 2014)

## 2.4 Conceitos-chave

### 2.4.1 Consumo Energético de Referência (*Baseline*)

O Consumo Energético de Referência (CER) (ou *baseline*, em inglês), é a medida base que serve de comparação para futuras avaliações do desempenho energético de uma instalação, edifício, ou equipamento. É necessário definir o consumo base para se poder tomar esse consumo como medida de comparação para projectos de melhorias de eficiência e redução de consumo energéticos. É a partir do CER que se avalia o desempenho de futuros projectos de melhoria na própria instalação. (Northwest Energy Efficiency Alliance, 2013)

O ponto 3.6 da Norma ISO 50001 integrado na definição de conceitos da Norma determina o que se entende por Consumo Energético de Referência: (ISO, 2011)

- **3.6 - Consumo Energético de Referência** - Referência quantitativa que serve de base para a comparação do desempenho energético.

*NOTA 1: Um consumo de referência reflecte um período de tempo definido.*

*NOTA 2: Consumo energético de referência pode ser normalizado usando variáveis que afectam o uso e/ou consumo de energia, tais como nível de produção, graus-dia (temperatura exterior), etc.*

*NOTA 3: O consumo energético de referência também é utilizado para calcular as reduções de consumo, tomando como referencial o antes e após a implementação das acções de melhoria.*

A determinação do CER pressupõe a passagem pelos seguintes seis passos: (Northwest Energy Efficiency Alliance, 2013)



Figura 12 – Conjunto de passos necessários para a determinação do CER. Adaptado de (Northwest Energy Efficiency Alliance, 2013)

- **Definir os limites** – A definição dos limites depende do que se pretende avaliar. Os limites podem ir desde um equipamento isolado numa instalação (por exemplo: caldeira ou motor) até ao conjunto de edifícios + instalações industriais + frota de transporte de uma organização.
- **Identificar as fontes energéticas** – A criação de um diagrama da instalação com as fronteiras e fluxos de energia através das fronteiras pode ser bastante útil para a identificação de fontes de energia. Após identificar as fontes, deve-se definir como medir ou obter a informação sobre os consumos energéticos. As fontes energéticas normalmente são divididas em duas categorias:
  - Energia Eléctrica – Na maioria dos casos é proveniente de empresas de energia externas mas também pode ser gerada na organização através de fontes renováveis ou de co-geração.
  - Combustíveis – Gás natural, petróleo e derivados, carvão, biomassa, etc. Podem ser utilizados para produzir energia térmica, em caso de sistemas de co-geração para produzir energia térmica e energia eléctrica, ou nas frotas. Algumas organizações podem obter energia térmica directamente através de um fornecedor externo de vapor ou água quente ou fria.
- **Definir o período de referência:**
  - Duração do período de referência – A duração do período de referência deve ser baseada nas variáveis do negócio da organização assim como nos dados necessários para se obterem correlações estatísticas válidas.

- Menos de um ano – Se o consumo da organização / instalação / equipamento for estável ao longo do ano e não depender de sazonalidade então este pode-se escolher um período de referência inferior a um ano.
- Um ano – É o período mais comum já que a maioria das organizações pretende comparar o consumo de energia anual.
- Mais de um ano – No caso dos consumos da organização / instalação / equipamento terem consumos variáveis de ano para ano.
- Localização temporal do período de referência – O período exacto que deve ser considerado para o CER depende do que se pretende avaliar.
- **Definir variáveis independentes e relevantes** – São factores quantificáveis que têm impacto no consumo energético, tais como condições meteorológicas, quantidade de produção, horas de operação, número de ocupantes, etc. Para se determinarem factores importantes no consumo pode-se usar análise estatística aos dados. A análise estatística pode demonstrar a relação entre variáveis e o consumo energético. Correlação analítica, gráficos de dispersão e regressão analítica são métodos úteis para avaliar e determinar relações estatísticas. No caso dos edifícios de serviço, um método de identificação de variáveis relevantes é verificar a relação entre consumo energético e Graus-dia de Aquecimento ou Arrefecimento. O subcapítulo 2.4.2 refere-se ao método de verificação desta relação.
- **Determinar e calcular Indicadores de Desempenho Energético (IDE's)** – Os IDE's devem fornecer informação relevante sobre o desempenho energético e ajudar os vários grupos dentro da organização a perceber o seu desempenho energético e a realizar melhorias constantes.
- **Ajustes ao CER** – O CER deve ser ajustado dependendo das condições de operação. Existem dois tipos de ajuste: (IPMVP, 2012)
  - Ajustes de Rotina – para mudanças em parâmetros que se espera que aconteçam, e que influenciam o consumo de energia de forma identificável. Estas mudanças são normalmente sazonais ou cíclicas, como o estado do tempo, ou variações na ocupação. Os ajustes de rotina são previamente identificados como variáveis independentes e incluídos na fórmula de cálculo do CER.
  - Ajustes que não são de rotina – para mudanças em parâmetros que não podem ser previstos, e que influenciam o consumo de energia. Alguns exemplos de ajustes que não são de rotinas que exigem revisão do CER são:
    - Mudanças na fonte de energia – A instalação de fontes de energia renovável na organização ou a mudança de processos térmicos para energia eléctrica são mudanças relevantes.
    - Mudanças operacionais – Por exemplo se uma organização muda a linha de montagem e passa a produzir com outro sistema. Ou se uma organização passa a climatizar um volume maior do edifício.
    - Mudanças no negócio – Se uma organização muda de negócio base, ou passa a produzir outro tipo de produto.
    - Mudanças na metodologia de cálculo do desempenho energético.

Os ajustes ao CER devem ser determinados por relações estatísticas baseadas na identificação de variáveis independentes. O método mais comum é a relação linear simples com apenas uma variável com influencia no consumo energético ( $y = mx + b$ ), como exemplificado na Figura 13. (Dantoin, 2010)



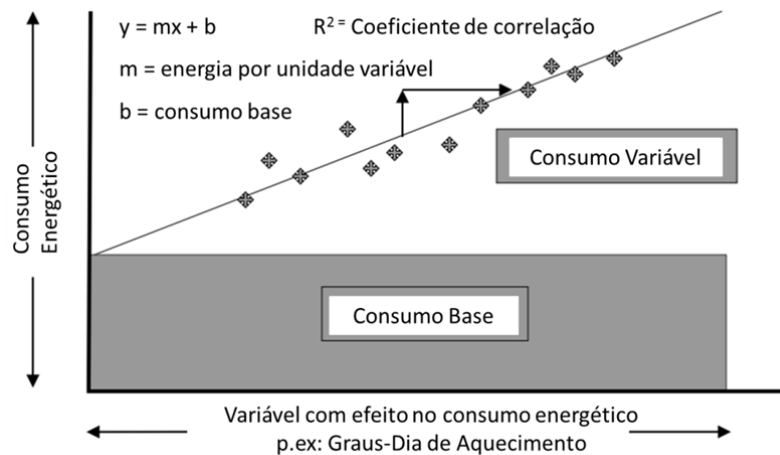


Figura 13 – Correlação estatística linear com uma variável (Adaptado de (Dantoin, 2010))

Mas quando se verificam coeficientes de correlação baixos (abaixo de 0.75) deve-se tentar encontrar outras relações utilizando outros métodos estatísticos tais como (Dantoin, 2010):

- Regressões lineares com mais do que uma variável ( $Y = m_1X_1 + m_2X_2 + m_3X_3 + b$ );
- Regressões polinomiais ( $Y = m_1X_1 + m_2(X_2)^2 + m_3(X_3)^3 + b$ );
- Regressões não lineares

#### 2.4.2 Indicadores de Desempenho Energético (IDE)

Indicadores de Desempenho Energético são métricas simples que relacionam o consumo energético com variáveis que influenciam esse mesmo consumo. Traduzem de forma simples o desempenho energético, oferecendo um *feedback* rápido, e pretende-se com a utilização dos mesmos facilitar a análise do desempenho energético. (New Buildings Institute)

Um Indicador de Desempenho Energético bem definido tem as seguintes características: (Sustainable Energy Authority of Ireland)

- Simples e de fácil compreensão pelas partes a quem possa interessar
- Mensurável e Verificável
- Objectivo
- Enquadrado no âmbito a que se propõe
- Relevante para a organização a que é aplicado

A identificação de Indicadores de Desempenho Energético (IDE) é essencial para a correcta avaliação de um projecto ou de medidas de eficiência energética. Apenas conhecendo os factores que influenciam o consumo se consegue avaliar o desempenho energético, e consequentemente a eficácia de medidas de racionalização de consumos energéticos.

Uma boa base de partida para a definição de IDE's aplicados a uma organização é desagregar os diferentes consumos de energia. Deve-se começar por identificar sectores de actividade ou tipo de consumidores: (Genet & Schubert, 2013)

- Transportes
- Edifícios de serviços
- Instalações industriais

Devem-se também separar os tipos de energia ou vectores energéticos a monitorizar:

- Energia eléctrica
- Gás
- Vapor
- Água quente

As restantes variáveis a monitorizar necessárias para efeitos de análise do desempenho energético e cálculo de IDE's, etc:

- Temperatura exterior
- Ocupação
- Produção

O passo seguinte a dar é separar os consumos por zona, área, piso ou departamento do edifício – por exemplo:

- Exterior
- Estacionamento
- Copa / Cozinha / Refeitório
- Área comum
- Piso 1, Piso 2, etc
- TI's (Centros de Dados, etc)
- Elevadores

O nível seguinte é identificar os diferentes usos de energia dentro das áreas definidas, tais como:

- Iluminação
- Aquecimento
- Arrefecimento
- Ventilação
- Águas quentes sanitárias
- Equipamento de escritório

O método apresentado é útil para se obterem indicadores de consumos normalizados ou consumos específicos. Estes podem ser vários, dependendo dos objectivos do projecto, do edifício, ou instalação, a monitorizar e dos IDE's determinados pela gestão. Alguns exemplos são:

- kWh / m<sup>2</sup>
- kWh / ocupante
- kWh / Grau dia de Aquecimento ou Arrefecimento
- kWh / m<sup>2</sup> / Grau dia de Aquecimento ou Arrefecimento
- kWh / cama ocupada (hotel)
- kWh / unidade produzida (instalação industrial)
- m<sup>3</sup> gás / Grau dia de Aquecimento

O IDE a determinar depende dos objectivos da aplicação do mesmo. É uma opção que deve ser tomada por quem é responsável pela gestão de energia, avaliação do desempenho energético ou avaliação do impacto de medidas de racionalização de consumos.

### 2.4.2.1 Graus-Dia de Aquecimento ou de Arrefecimento

A definição do CER depende da identificação de metodologias de ajuste baseadas na identificação de variáveis relevantes para o consumo. Os IDE relacionam o consumo com as variáveis independentes que afectam o mesmo, e tal como referido anteriormente, uma das variáveis tipicamente relacionada com o consumo energético de edifícios de serviços é o número de Graus-Dia de Aquecimento (GDAq) ou de Graus-dia de Arrefecimento (GDAr).

O Grau-Dia de Aquecimento ou Arrefecimento é uma medida da necessidade energética de aquecimento ou arrefecimento de um edifício. São calculados com base na temperatura exterior e dependem da temperatura a que o edifício necessita de aquecimento, ou arrefecimento, respectivamente, para manter o conforto térmico dos ocupantes. Um Grau-Dia de Aquecimento significa que a temperatura média exterior foi um grau °C inferior à temperatura que seria ideal para o conforto térmico dos ocupantes. Significa que foi necessário aquecer o edifício para fazer face a este desconforto. (Building Services Engineering Research and Technology, 2003)

O cálculo dos GDAq ou dos GDAr é feito com base nas seguintes equações:

$$GDAq = T_{base\ de\ aquecimento} - T_{ext}$$

$$GDAr = T_{ext} - T_{base\ de\ arrefecimento}$$

Em que:

$T_{base\ de\ aquecimento}$  é a Temperatura base de aquecimento, temperatura exterior a partir da qual o edifício necessita de aquecimento.

$T_{base\ de\ arrefecimento}$  é a Temperatura base de arrefecimento, temperatura exterior a partir da qual o edifício necessita de arrefecimento.

$T_{ext}$  é a Temperatura média exterior, pode ser calculada através da máxima e da mínima diárias, mas o ideal é a integração para obtenção de uma média real.

Para se identificar as temperaturas base, ou seja, as temperaturas a partir das quais o edifício necessita de aquecimento ou arrefecimento podem-se utilizar métodos estatísticos e analíticos de identificação.

De seguida exemplifica-se o método de cálculo dos Graus-Dia de Aquecimento e a identificação da correlação entre estes e o consumo de um edifício de serviços. Este exercício foi realizado como método de aprendizagem durante a realização desta Dissertação.

O método para encontrar a base de cálculo para os GDAq é o seguinte: (BizEE, 2013)

Elabora-se um gráfico de dispersão com duas séries de dados, gráfico que se observa na Figura 14. Uma série com os consumos de gás semanais na estação de aquecimento (é importante não utilizar dados quando a temperatura média exterior é quase igual à temperatura base) contra a temperatura média semanal, e outra série com os consumos semanais de gás na estação de não aquecimento (de novo, é importante não utilizar dados quando a temperatura é quase igual à temperatura base) contra a temperatura média semanal. A intersecção entre as linhas de tendência de cada uma das séries de dados dá o valor para a base de cálculo dos GDAq. No caso do Campus de Alfragide e com dados de semanas entre Março de 2009 e Fevereiro de 2013 obteve-se um valor de 17.24°C. A outra coordenada do ponto de intersecção com o valor de 8.55kg dá o consumo típico semanal de gás durante o período de não aquecimento.

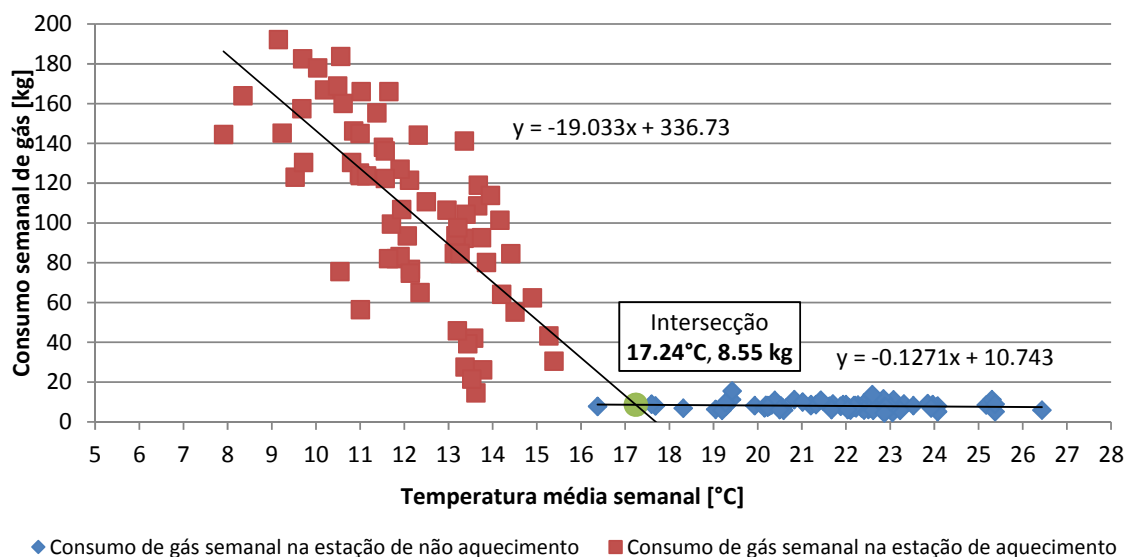


Figura 14 – Consumo de gás semanal relacionado com Temperatura média semanal nas semanas típicas de aquecimento e fora da estação de aquecimento.

Para o cálculo dos GDAq utilizou-se uma base de 17°C, número obtido pelo exercício anterior, tendo-se arredondado à unidade. Ou seja, considerou-se que se aquece o Edifício a partir do momento em que a temperatura média diária exterior desce abaixo dos 17°C.

Na Figura 15 podemos observar dois gráficos de dispersão de dados. Os dados são de consumos mensais de gás em kg no entre Março de 2009 e Fevereiro de 2013 (48 meses) contra GDAq em cada um desses meses.

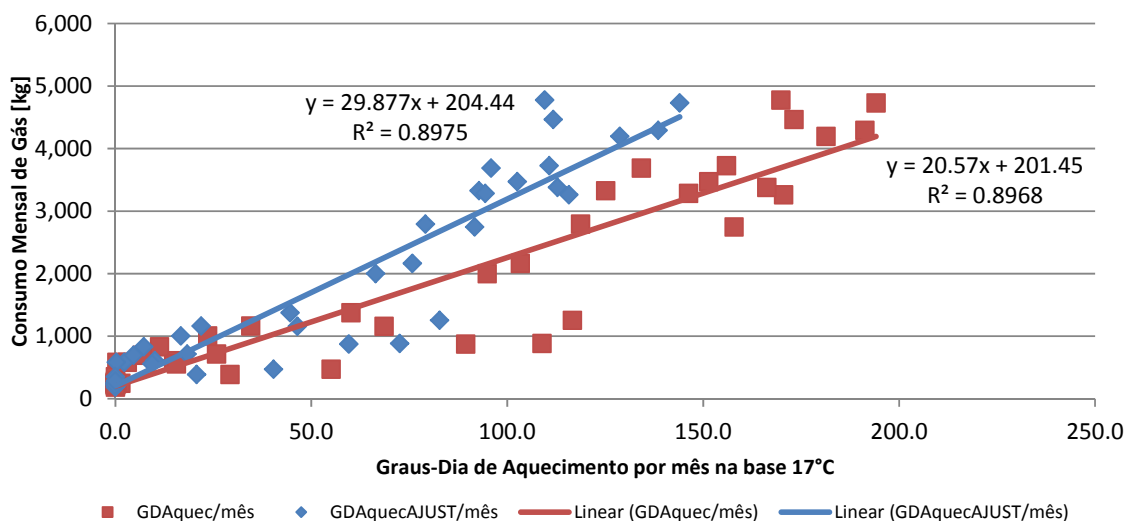


Figura 15 – Correlação entre o consumo mensal de gás em kg e o número de Graus-Dia de Aquecimento Mensal Ajustados apenas para os dias úteis e sem ajuste para os dias úteis.

Num dos conjuntos de dados (a vermelho) temos a correlação entre o consumo mensal de gás em kg e o somatório de GDAq calculados para cada um desses meses.

No outro (a azul) temos a correlação entre o mesmo consumo mensal de gás em kg e o somatório de GDAq ajustados apenas para os dias úteis. Ou seja, quando se fez o somatório dos GDAq para cada mês considerou-se apenas o número de dias úteis do mês, por exemplo:

No mês de Março de 2009 houve no total 60 GDAq. Como no mês de Março de 2009 houve 23 dias úteis e 8 dias não úteis, de um total de 31 o número de GDAq<sub>Ajustados</sub> para o este mês é 45 e é dado por:

$$GDAq_{Ajustados} = GDAq - \left( \frac{GDAq}{dias\ no\ mês} \times dias\ não\ úteis \right) (=)$$

$$GDAq_{Ajustados} = 60 - \left( \frac{60}{31} \times 8 \right) = 45$$

Com este método desconsideram-se os dias não úteis, dias nos quais a caldeira de gás não foi utilizada segundo as informações obtidas. Assim considera-se que se obtém um valor mais correcto para os Graus-Dia de Aquecimento.

A linha de tendência vermelha indica que o consumo de gás é dado por:

$$Consumo\ de\ Gás\ [kg] = 20.57 \times GDAq_{Não\ Ajustados} + 201.45$$

Na linha de tendência azul temos que o consumo de gás é dado por:

$$Consumo\ de\ Gás\ [kg] = 29.877 \times GDAq_{Ajustados} + 204.44$$

Não ajustando os GDAq para os dias úteis, é-nos dada a impressão que o consumo de gás por GDAq é inferior ao que realmente é. Considera-se assim que se devem ajustar os GDAq quando se sabe que não existem consumos em alguns dias do mês.

O coeficiente de correlação estatística obtido ( $R^2=0.8975$ ) valida estatisticamente a correlação feita, já que ultrapassa o valor de 0.75, considerado como mínimo para a validação estatística. Através dos exercícios anteriores obtém-se o CER de gás propano para o Edifício em causa com metodologias de ajuste baseadas na variável mais relevante.

Pela análise feita pode-se concluir que 89% da variação dos consumos de gás pode ser explicado pela variação da variável independente GDAq. O consumo de gás propano é de 20.57kg de gás por GDAq de acordo com os dados obtidos. Além disso é possível concluir que existe um consumo de 201.45kg de gás propano que não depende dos GDAq. Este consumo está portanto associado ao outras variáveis (utilização dos fogões no refeitório, AQS, possíveis fugas, etc)

### 2.4.3 Contratos de Desempenho Energético (CDE) e Modelo ESE

O Contrato de Desempenho Energético (CDE), designado internacionalmente por EPC (*Energy Performance Contract*), existe quando uma Empresa de Serviços Energéticos (ESE) é contratada para melhorar a eficiência energética de uma instalação e, com as economias de energia alcançadas remunera os capitais investidos no projecto. Desta forma, a entidade adjudicante beneficia de equipamentos de energia novos ou mudanças nas suas instalações que visem a redução dos seus consumos energéticos, sendo que a ESE é directamente remunerada através das poupanças atingidas pela redução desse consumo, determinadas de acordo com uma periodicidade temporal acordada entre as partes. A ESE assume os riscos técnicos e de desempenho energético associados ao projecto e garante um certo nível de poupança. Caso se obtenha uma poupança energética acima do valor proposto pela ESE, esta pode ser partilhada ou reverter na totalidade para a entidade adjudicante ou para a ESE, dependendo das condições contratuais. No final do período de contrato estabelecido as economias de energia revertem para a entidade adjudicante. Para além de um modelo de financiamento, um CDE acaba por ser um programa de medidas práticas de eficiência energética que devem ser aplicadas com o intuito de promover uma poupança real de energia nos sistemas ou instalações. O contrato CDE visa estabelecer um consórcio entre a ESE e a entidade adjudicante de maneira a que estas interajam em prol de alcançar os seus objectivos. A regulação deste contrato geralmente pode ter problemas relacionados com o direito de propriedade, o uso de sistemas e a duração do consórcio. Adicionalmente é estipulado uma estrutura e o valor do investimento, bem como a garantia de manutenção das medidas de eficiência energética a ser implementadas. (Santos, 2012)

A ESE garante que as poupanças energéticas são medidas, verificadas e quantificadas e, por consequência todos os riscos técnicos e operacionais poderão ser transferidos para a ESE. Actualmente, pesquisas independentes na área da energia mostram que são poucas as medidas

implementadas em edifícios e que se desperdiçam muitas oportunidades de poupança de energia (European Association of Energy Services Companies, 2011).

A determinação das poupanças obtidas pelas intervenções realizadas ao abrigo dos Contratos de Desempenho Energético são enquadradas pelo Plano de Medição & Verificação associado ao CDE.

Salienta-se que, face à necessidade de determinar de forma segura a poupança real obtida pela implementação das medidas de racionalização dos consumos de energia, o processo de determinação das poupanças deve ser feito da forma o mais eficiente possível. No sentido de automatizar o processo devem-se utilizar as ferramentas mais adequadas. Os sistemas de monitorização com plataformas de recolha de dados e análise de dados automáticos podem ser uma boa solução para facilitar este processo. No entanto deve-se garantir a capacidade do sistema quantificar poupanças energéticas e não ser apenas um sistema de monitorização de consumos energéticos. Um sistema básico de monitorização de consumos energéticos não poderá desempenhar a função autonomamente, necessitando sempre de análise dos dados obtidos por um operador. Assim, um sistema de monitorização instalado com o objectivo de facilitar a quantificação de poupanças ao abrigo de um CDE deverá ser capaz de autonomamente quantificar estas mesmas poupanças.

#### **2.4.1 Plano de Medição e Verificação (M&V)**

A preparação de um plano de M&V é essencial para a correcta determinação de poupanças energéticas, como as obtidas ao abrigo de um CDE. O planeamento antecipado, obtido pela elaboração de um Plano de M&V, assegura que toda a informação necessária para a determinação das poupanças energéticas estará disponível no momento em que for necessária para avaliar o desempenho energético. (IPMVP, 2012)

O plano de M&V consiste num conjunto de metodologias e especificações que têm por objectivo a determinação, de um modo seguro, da poupança real de energia gerada pela implementação de uma medida de racionalização de consumos energéticos e através da gestão dos consumos de energia.

O plano de M&V deve incluir, entre outros pontos: (IPMVP, 2012)

- A identificação das fronteiras de medição das poupanças
- O Consumo Energético de Referência, as metodologias de cálculo do mesmo e o procedimento de análise
- A identificação de alterações planeadas às condições de referência
- Especificações em relação aos procedimentos de análise dos dados, algoritmos e suposições
- Especificações relativas aos pontos de medição, período de medição, características dos contadores e métodos de lidar com os dados obtidos
- Especificação sobre como os resultados serão reportados e documentados

A Norma NP EN ISO 50001 determina no ponto 4.6 Verificação, a necessidade da organização assegurar que as características-chave das suas operações, que determinam o desempenho energético, são monitorizadas, medidas e analisadas periodicamente. É também referido que deve ser definido e implementado um plano de medição de energia, adequado à dimensão e complexidade da organização e aos seus equipamentos de medida. (ISO, 2011)

O plano de M&V realizado em concordância com o estabelecido pelo IPMVP poderá ser utilizado como plano de medição de energia requerido pela ISO 50001. No entanto, uma vez que o plano de M&V é mais exigente e rigoroso que o requerido pela ISO 50001, deve-se assegurar que o primeiro é adequado às necessidades da organização, ou seja, é necessário que seja adequado à dimensão e complexidade da organização e aos seus equipamentos de medida.

### **3. Sistemas de Gestão de Energia, Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia e relação entre os dois**

#### **3.1 Sistemas de Gestão de Energia**

A necessidade de aumentar a eficiência energética nas organizações leva à necessidade de definir estratégias para orientar todo o processo de aumento de desempenho no uso e consumo dos recursos energéticos.

As estratégias e planos, que apoiem e enquadrem a implementação de um conjunto de mudanças, que levem à melhoria da eficiência de uma organização, devem estar estruturadas e organizadas de forma a que seja possível a uma organização, através do seguimento dessas estratégias, implementar um processo de melhoria da eficiência energética.

Existem vários documentos que contêm requisitos, estratégias e orientações para a implementação de processos de melhoria da eficiência energética. Estes documentos podem ser guias de apoio, normas internacionais, ou outros do género.

O conjunto de processos e estratégias a implementar para obter melhorias na eficiência energética de uma organização pode ser chamado de Sistema de Gestão de Energia. No capítulo seguinte encontra-se uma definição aprofundada do que é um sistema desta natureza.

##### **3.1.1 Definição do conceito de Sistema de Gestão de Energia**

Sistema de Gestão de Energia (SGE) - em inglês: *Energy Management System* (EnMS) - é um conceito geral e relativamente abrangente sobre uma grande variedade de sistemas que dão apoio à gestão da energia.

Um SGE é um conjunto de elementos inter-relacionados e organizados de forma sistemática que estabelecem uma política, metas e objectivos energéticos, assim como definem os processos, requisitos e procedimentos necessários para a concretização dos objectivos definidos. (ICOSE, 2004)

Um Sistema de Gestão de Energia tem sido considerado inúmeras vezes, de forma algo redutora, como algum tipo de sistema de aquisição de dados relacionados com os consumos energéticos, incluindo na grande maioria dos casos um *software* relacionado com esta aquisição de dados. No entanto, os sistemas de aquisição de dados por si só não são SGE's. Muitas das vezes, o termo SGE é utilizado, e confundido com o conceito de Sistema de Monitorização e Reporte de Energia (SMRE), que trata dos aspectos técnicos da gestão de energia e da aquisição, análise e reporte dos dados com impacto nos consumos energéticos. É feita uma abordagem aprofundada dos SMRE no capítulo 0.

Alguns autores consideram que um SGE tem duas perspectivas de aplicação: Aspectos da Gestão e Aspectos Técnicos. O SGE é como uma estrutura, dentro da qual os processos (de gestão e técnicos) se relacionam e interagem. (McCaffrey & Monaghan, 2012)

Um Sistema de Gestão de Energia é um enquadramento pelo qual uma organização estabelece processos para obter controlo e melhorias no desempenho energético – uma abordagem sistemática à gestão da energia. As organizações consomem energia de várias formas, seja internamente, na produção, nos seus edifícios, nos sistemas informáticos, na logística interna ou externa, e de forma indirectamente relacionada através da aquisição de produtos, serviços e outros. Para que se consiga gerir de forma holística toda esta energia é necessária uma abordagem completa e abrangente. Um SGE incorpora esta abordagem abrangente e pode ser visto como um “sistema de sistemas”. Quando explorado ao máximo, um “sistema de sistemas de energia”, que inclua outros subsistemas (dedicados ao edifício, às Tecnologias de Informação (TI), aos centros de dados, às viagens de negócios, à deslocação diária dos trabalhadores, entre outros) pode ser utilizado para gerir energia a diferentes níveis (organização, processo de produção ou individual) e sobre diferentes perspectivas (energia, economia, sustentabilidade, recursos humanos, etc. (Curry, Edward, 2012)

Existem vários protocolos que especificam requisitos para um SGE e como o conceito é bastante largo cada um tem o seu campo de aplicação e especificações próprias. Apesar da variedade existente, nesta dissertação o conceito SGE refere-se a um enquadramento, composto por um conjunto de requisitos, estratégias e processos que apoiam a gestão da energia, e que levam a melhorias do desempenho energético das organizações. Esta dissertação encontra-se além disso mais focada nos SGE do tipo definido pela Norma ISO 50001.

### 3.1.2 Norma ISO 50001

#### 3.1.2.1 Linhas Gerais

A Organização Internacional pela Estandardização - em inglês: *International Organization for Standardization* (ISO) - é uma instituição que desenvolve Normas Internacionais voluntárias. É a maior organização do mundo na área, com membros provenientes de 160 países, e tem publicadas mais de 19500 Normas Internacionais que abrangem quase todos os aspectos tecnológicos e de negócios. As Normas Internacionais dão especificações de topo para produtos, serviços e boas práticas, com vista a ajudar a indústria a ser mais eficiente e eficaz. A ISO apenas desenvolve normas para sectores onde exista uma clara necessidade no mercado. Cada Norma Internacional ISO é desenvolvida pelos especialistas de cada sector técnico, industrial ou económico a que se aplica e representa um consenso global sobre o conteúdo dessa norma em particular. (ISO-International Organization for Standardization, 2013)

A Norma ISO 50001 de 2011 é uma estrutura desenvolvida pela ISO para servir de plano de acção, ou conjunto de estratégias, para ajudar organizações a melhorar a gestão da energia e dos recursos energéticos. A ISO 50001 é uma especificação para a implementação, numa organização, de um Sistema de Gestão de Energia (SGE), e contém as especificações e requisitos para estabelecer, implementar, manter e melhorar um sistema do género. A aplicação dos requisitos da Norma permite à organização seguir uma abordagem sistemática no sentido de atingir melhorias contínuas. (Schneider Electric, 2012)

Segundo a Organização Internacional pela Estandardização (ISO) é estimado que a Norma ISO 50001 pode influenciar até 60% do consumo energético mundial. (ISO, 2011)

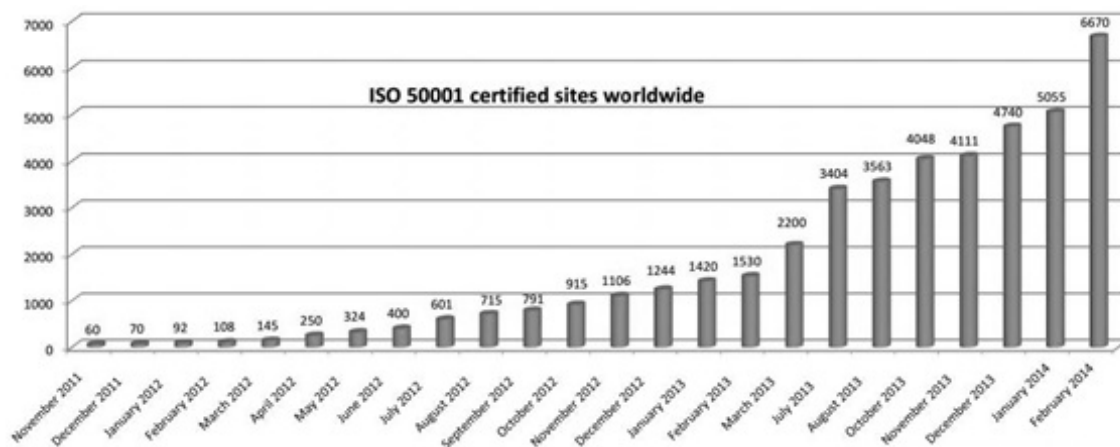


Figura 16 – Número de localizações certificadas a nível mundial (Peglau, 2014)

Em Fevereiro de 2014, o número de organizações certificadas com a Norma ISO 50001 a nível mundial era de 6670, e tal como se pode observar pela Figura 16 o número tem aumentado mais significativamente nos últimos meses. Várias entidades especialistas na área, entre as quais empresas de serviços energéticos, defendem que a Norma será cada vez mais generalizada na indústria europeia. Os especialistas acreditam que o que acontecerá é uma propagação em cadeia, já que as empresas líder



são as primeiras a implementar e obter a certificação da Norma ISO 50001, requerendo num futuro próximo que as empresas suas fornecedoras também implementem a Norma.

A Norma ISO 50001 tem como meta conduzir as organizações a estabelecerem os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético, incluindo a eficiência energética, uso e consumo de energia. Pretende-se que a implementação da Norma conduza a uma redução nas emissões de gases de efeito de estufa e de outros impactos ambientais relacionados, e à redução nos custos de energia. A Norma é aplicável a organizações de todos os tipos e dimensões, independentemente de condições geográficas, culturais ou sociais. A implementação bem-sucedida depende do comprometimento de todos os níveis e funções da organização e, especialmente, da gestão de topo. (ISO, 2011)

A Norma especifica requisitos para Sistemas de Gestão de Energia, sobre os quais uma organização pode desenvolver e implementar uma política energética e estabelecer objectivos, metas e planos de acção que tenham em conta as exigências legais e informações relacionadas com o uso significativo de energia. Um SGE permite a uma organização alcançar os seus compromissos energéticos, tomar as medidas necessárias para melhorar o seu desempenho energético e demonstrar a conformidade do sistema com os requisitos da Norma.

A Norma ISO 50001 é baseada na metodologia conhecida como “*Plan-Do-Check-Act*” (PDCA) e incorpora a gestão de energia nas práticas diárias das organizações, como ilustrado na Figura 17.

A abordagem PDCA pode ser descrita da seguinte forma:

- *Plan* (planear): realizar a avaliação energética e estabelecer a linha de base, os indicadores de desempenho energético (IDE), objectivos, metas e planos de acção necessários para produzir resultados que vão melhorar o desempenho energético de acordo com a política de energia da organização;
- *Do* (executar): implementar os planos de acção de gestão de energia;
- *Check* (verificar); monitorizar e medir os processos e as características chave das operações que determinam o desempenho energético face à política energética e aos objectivos, e relatar os resultados;
- *Act* (actuar): empreender acções que visem melhorar continuamente o desempenho do SGE. (ISO, 2011)



Figura 17 – Modelo de Sistema de Gestão de Energia para a Norma ISO 50001 (ISO, 2011)

A aplicação mundial da Norma ISO 50001 contribui para uma utilização mais eficiente das fontes de energia disponíveis, para aumentar a competitividade, e reduzir as emissões de GEE e outros impactos ambientais relacionados. A Norma é aplicável independentemente dos tipos de energia utilizados.

A Norma pode ser utilizada para a certificação, registo e autodeclaração de SGE de uma organização. Não estabelece requisitos absolutos para o desempenho energético além dos compromissos assumidos na política energética da organização e a sua obrigação de cumprir as exigências legais. Assim, duas organizações que realizem operações semelhantes, mas com desempenhos energéticos diferentes, poderão cumprir com os requisitos da Norma.

A Norma é baseada em elementos comuns das normas do sistema de gestão ISO, garantindo um elevado nível de compatibilidade com outras normas ISO. A organização que implemente a Norma ISO 50001 pode escolher integrá-la com outros sistemas de gestão, incluindo os relacionados com qualidade (ISO 9001), ambiente (ISO 14001), e segurança e saúde ocupacional.

A Norma aplica-se a todas as variáveis que afectem o desempenho energético e que pode ser monitorizado e influenciado pela organização.

### **3.1.2.2 Organização da Norma ISO 50001**

A versão portuguesa da Norma EN ISO 50001 é uma tradução feita pelo Instituto Português de Qualidade e tem o mesmo estatuto que as versões oficiais. (ISO, 2011)

A Norma é um documento composto por 32 páginas e está dividida em 4 secções mais Preâmbulos, Introdução, Anexos e Bibliografia.

As secções são os seguintes:

- 1. Objectivo e campo de aplicação** - onde são descritos os objectivos da implementação da Norma e os limites de aplicação da mesma. O conteúdo desta secção e da Introdução foram já abordados no subcapítulo 3.1.2.1 desta dissertação;
- 2. Referências normativas** - onde apenas se indica que não existem referências normativas (o que leva desde logo a concluir que a norma é pioneira no tema) e que esta secção existe apenas para que a Norma mantenha uma estrutura idêntica às restantes normas de sistemas de gestão ISO;
- 3. Termos e definições** – listagem de vários termos e conceitos utilizados na Norma e a sua definição;
- 4. Requisitos do sistema de gestão da energia** – enumeração dos requisitos e passos a dar para cumprir a Norma 50001.

### **3.1.3 Organização de um Sistema de Gestão de Energia do tipo ISO 50001 – Aspectos da Gestão e Aspectos Técnicos**

Um Sistema de Gestão de Energia do tipo ISO 50001 pode-se dividir em dois ramos de actuação principais: um composto pelos processos de aplicação por parte da gestão de topo, ao qual se atribui a denominação de Aspectos de Gestão; e o ramo composto pelos processos do tipo técnico e de implementação prática, ao qual se atribui o título de Aspectos Técnicos. (McCaffrey & Monaghan, 2012) Esta divisão é observável na Figura 18.



Figura 18 – Aspectos de Gestão e Técnicos de um Sistema de Gestão de Energia e correspondência com os capítulos da Norma ISO50001 (Adaptado de (McCaffrey & Monaghan, 2012))

A Norma ISO 50001 tem capítulos com correspondência directa com a metodologia PDCA nos dois grupos de Aspectos, da Gestão e Técnico. Ou seja, para cada um dos dois tipos de Aspectos, e para cada um dos quatro passos da metodologia PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) existe um ou vários capítulos na Norma para enquadrar os passos a dar.

Os Aspectos da Gestão podem ser por exemplo: providenciar os recursos necessários para que a implementação de um SGE tenha sucesso; estabelecer bons sistemas de auditorias; efectuar acções correctivas e fazer revisão da gestão. Estes processos de Gestão criam uma cultura de eficiência energética e de sistematização na organização pela formação, comunicação e promoção de boas práticas de eficiência energética a todos os membros da organização.

Nos Aspectos da Gestão, no passo Planear (*Plan*) temos os capítulos da definição da Política Energética (4.3), Objectivos energéticos, metas energéticas e planos de acção para a gestão de energia (4.4.6), e o planeamento dos recursos humanos tecnológicos e financeiros, e âmbitos e fronteiras do SGE (4.2.1).

Sob o passo Executar (*Do*) temos os capítulos relativos às Competências, Formação e Sensibilização (4.5.2), Comunicação (4.5.3), Documentação (4.5.4) e Controlo operacional (4.5.5).

Sob o passo Verificar (*Check*) temos os capítulos de Auditoria Interna ao SGE (4.6.3), de revisão de Não-conformidades, acções correctivas e acções preventivas (4.6.4) e de Controlo de registos (4.6.5).

Finalmente, no passo Actuar (*Act*) temos o capítulo de Revisão pela Gestão (4.7).

No lado direito da Figura 18 encontram-se os Aspectos Técnicos, tais como os relacionados com o processo de planeamento energético (por exemplo: estabelecer um Consumo Energético de Referência (*baseline*), estabelecer Indicadores de Desempenho Energético (IDE's)), Monitorização, Medição e Verificação e análise dos resultados. Tal como nos Aspectos de Gestão, também nos Aspectos Técnicos existe correspondência directa dos capítulos escritos da Norma 50001 com a metodologia PDCA (*Plan-Do-Check-Act*).

No passo Planear (*Plan*) dos Aspectos Técnicos temos os capítulos de Avaliação energética (por via de auditoria energética, ou do género) (4.4.3), de definição do Consumo energético de referência (*baseline*) (4.4.4), e de Indicadores de desempenho energético (4.4.5).

Sob o passo Executar (*Do*) temos os capítulos relativos à Concepção (de processos, instalações ou equipamentos) (4.5.6), e Aprovisionamento de energia, serviços, produtos e equipamentos (4.5.7).

Sob o passo Verificar (*Check*) temos o capítulo de Monitorização, medição e análise (4.6.1). É neste capítulo que se enquadra a utilização de um sistema de monitorização de consumos de energia).

Temos ainda a verificação do cumprimento dos Objectivos energéticos, metas energéticas e planos de acção (4.4.6).

Finalmente, no passo Actuar (*Act*) temos a Revisão pela Gestão do desempenho energético e dos Indicadores de desempenho energético (4.7).

### 3.1.4 Outros Sistemas de Gestão de Energia

Além dos Sistemas de Gestão de Energia do tipo ISO 50001 existem outros semelhantes. Alguns têm especificações próprias apenas para produtos ou processos e não são aplicáveis a todas as organizações como a Norma ISO 50001. Abordam-se de seguida de forma resumida alguns exemplos de outros SGE.

#### 3.1.4.1 Programa *Energy Star*

O programa *Energy Star* é um programa voluntário criado em 1992 pela Agência de Protecção Ambiental dos EUA (EPA) e pelo Departamento de Energia dos EUA, que ajuda as empresas e indivíduos a poupar dinheiro e a proteger o clima através do aumento da eficiência energética. O “Guia para a Gestão da Energia da *Energy Star*” (tradução livre de *Energy Star Guidelines for Energy Management*) foi criado com base em boas práticas já provadas e postas em prática pelos parceiros da *Energy Star*, e ajuda as organizações a melhorar o desempenho energético e financeiro ao mesmo tempo que se distinguem como líderes no campo ambiental. O “Guia para a Gestão da Energia *Energy Star*” é composto por sete passos principais para atingir uma adequada gestão da energia. (Environmental Protection Agency, 2013) Os passos podem ser observados na Figura 19 e são os seguintes:

1. Assumir o Compromisso – *Make Commitment*
2. Avaliar o Desempenho – *Assess Performance*
3. Definir Objectivos – *Set Goals*
4. Criar um Plano de Acção – *Create Action Plan*
5. Implementar um Plano de Acção – *Implement Action Plan*
6. Avaliar o Progresso – *Evaluate Progress*
7. Reconhecer o Cumprimento de Objectivos – *Recognize Achievements*

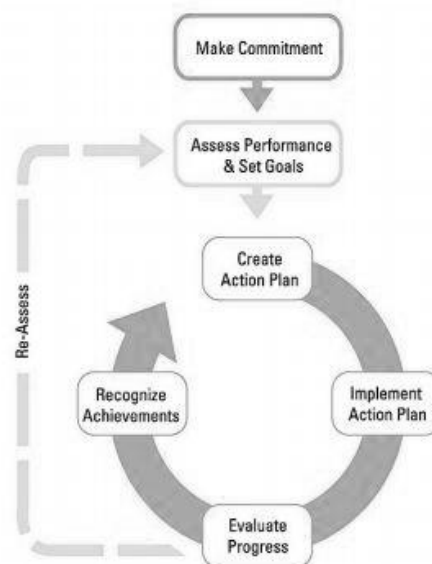


Figura 19 - Passos para a Gestão da Energia segundo o programa *Energy Star* (Environmental Protection Agency, 2013)

## Resumo dos passos do Programa *Energy Star*

O passo 1 - Assumir o Compromisso, assenta em três pontos fundamentais:

- 1.1. Eleger um Director de Energia
- 1.2. Estabelecer uma Equipa de Energia
- 1.3. Instituir uma Política Energética

O passo 2 - Avaliar o Desempenho, assenta em cinco pontos fundamentais:

- 2.1. Recolha e monitorização de dados – Recolher dados de energia ao longo do tempo considerando vários níveis de detalhe (tipos de energia, pontos de medida, intervalos de medição/ monitorização contínua, etc)
- 2.2. Estabelecer consumos de referência – Determinar a partir de que ponto se começa a medir as melhorias.
- 2.3. *Benchmark* – Comparar o desempenho energético dentro da própria organização e entre competidores.
- 2.4. Analisar – Perceber os padrões de consumo e tendências.
- 2.5. Auditorias e Avaliações Técnicas – Avaliar o desempenho de operação de equipamentos, processos e edifícios para encontrar potencial para melhorar.

O passo 3 - Definir Objectivos, assenta nos seguintes pontos:

- 3.1. Determinar o âmbito – Identificar os parâmetros: temporal (prazos) e organizacional (ao nível da organização, instalação, processo ou equipamento).
- 3.2. Estimar o potencial para melhorias – Rever consumos de referência, comparar com outros casos (*benchmark*) para determinar o potencial para melhorias, e conduzir avaliações e auditorias técnicas.
- 3.3. Estabelecer Objectivos – Criar e assumir expressar metas claras com prazos para toda a organização, instalação ou outra unidade com base no potencial para melhorar. Estas metas e objectivos podem ser em termos de energia absoluta, intensidade energética, melhorias ambientais, etc.

O passo 4 - Criar um Plano de Acção, assenta nos seguintes pontos:

- 4.1. Definir passos técnicos e metas / orientações:
  - Avaliar os resultados de auditorias e avaliações técnicas.
  - Definir passos técnicos.
  - Criar metas de desempenho para cada nível (instalação, departamento, organização, etc).
  - Definir metas temporais.
  - Implementar um sistema de seguimento e análise para monitorizar o progresso do projecto.
- 4.2. Determinar papéis e recursos:
  - Identificar papéis internos – quem deve estar envolvido no projecto e que responsabilidades deve ter.

- Identificar papéis externos – determinar a que níveis devem ser utilizados consultores externos e fornecedores externos à organização.
- Definir quais os recursos necessários – estimar o custo seja em termos humanos ou de capital.
- Assegurar recursos – desenvolver o plano de negócios para justificar a aprovação de fundos e recursos para o projecto.

O passo 5 - Implementar um Plano de Acção, baseia-se nos seguintes pontos: Criar um plano de comunicação – Desenvolver informação objectiva para cada público-alvo sobre o programa de gestão de energia.

- 5.2. Promover consciencialização – Procurar apoio por parte de todos os níveis da organização para iniciativas e metas de gestão de energia.
- 5.3. Melhorar a capacidade de acção – É possível melhorar as competências dos funcionários através de formação, divulgação de informação, partilha de boas práticas, procedimentos e tecnologias.
- 5.4. Motivar – Criar iniciativas que incentivem os funcionários a melhorar o desempenho energético para atingir os objectivos (por exemplo: competições internas, reconhecimento, bónus e prémios financeiros, responsabilização financeira sobre os consumos, etc).
- 5.5. Seguir e Monitorizar – Usar o sistema de seguimento desenvolvido como parte do plano de acção para seguir e monitorizar o progresso regularmente. Para que o sistema de seguimento seja melhorado devem ser realizadas melhorias e actualizações frequentes, conduzir revisões periódicas e identificar as necessárias acções correctivas).

O passo 6 - Avaliar o Progresso, assenta em dois pontos:

- 6.1. Medir Resultados – Comparar o desempenho actual com os objectivos estabelecidos. Deve ser feito com base nos dados dos consumos energéticos e dos custos económicos desses consumos. Deve ter em conta os objectivos de desempenho definidos anteriormente.
- 6.2. Rever o plano de acção – Perceber o que correu bem e o que correu mal para identificar as melhores práticas.

O passo 7 - Reconhecer o Cumprimento de Objectivos, baseia-se em dois pontos:

- 7.1. Dar reconhecimento interno – a funcionários, equipas, instalações, departamentos ou outros níveis que tenham atingido ou superado os seus objectivos dentro da organização ou contribuído de forma activa para o processo, tal como por exemplo dando sugestões e ideias.
- 7.2. Procurar receber reconhecimento externo – de entidades governamentais, meios de comunicação e de terceiros que reconheçam e premeiem as melhorias no desempenho energético. (Por exemplo: Normas de desempenho energético, prémios de desempenho, revistas do sector, etc).

O “Guia para a Gestão da Energia *Energy Star*” fornece ainda matrizes para avaliar o grau de cumprimento da implementação do programa, com avaliação de cada um dos pontos dentro dos 7 passos acima descritos. São ainda fornecidos exemplos de políticas energéticas, informação sobre como normalizar dados de consumos energéticos além de outros anexos para dar apoio à implementação do SGE.

De entre os vários passos e pontos do “Guia para a Gestão da Energia *Energy Star*” realçam-se os seguintes:

- Passo 2 - Avaliar o Desempenho, em especial os pontos 2.1. Recolha e monitorização de dados, e 2.4. Analisar
- Ponto 4.1. Implementar um sistema de seguimento e análise para monitorizar o progresso do projecto
- Passo 6 - Avaliar o Progresso, em especial o ponto 6.1. Medir Resultados

Estes pontos realçados enquadram a implementação de um sistema para recolha, monitorização e análise de dados. É assim, tal como na ISO 50001 sugerido a implementação de um sistema avançado e que facilita a gestão da energia.

### 3.1.4.2 Comparação entre a Norma ISO 50001 e o programa *Energy Star*

Uma análise comparativa entre a Norma ISO 50001 e o programa *Energy Star* permite encontrar bastantes semelhanças, tanto na estrutura, como no conteúdo dos dois documentos relativos à implementação de um SGE.

As maiores diferenças são apenas ao nível de estrutura, estando o programa *Energy Star* baseado em 7 passos e a Norma ISO 50001 na metodologia PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) com 4 pontos.

Os passos 2 - Avaliar o Desempenho, 3 - Definir Metas, e 4 - Criar um Plano de Acção, do programa *Energy Star* correspondem, em termos de conteúdo, ao ponto Planeamento (*Plan*) na metodologia PDCA.

O passo 5 - Implementar um Plano de Acção, no programa *Energy Star*, corresponde ao ponto Executar (*Do*) na metodologia PDCA, e o passo 6 - Avaliar o Progresso, do programa *Energy Star*, corresponde ao passo Verificar (*Check*) da metodologia PDCA.

O ponto Actuar (*Act*) da metodologia PDCA tem correspondência com o passo Reavaliar (não é considerado como um dos 7 passos, mas está incluído na imagem explicativa do programa *Energy Star*).

O passo 1 - Assumir o Compromisso, tem correspondência com os capítulos 4.2 - Responsabilidade da Gestão, e 4.3 – Política Energética, da Norma ISO 50001, e o passo 7 - Reconhecer o Cumprimento de Objectivos, do programa *Energy Star*, tem correspondência com o capítulo 4.7 – Revisão pela Gestão, da Norma ISO 50001.

No programa *Energy Star*, os Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia enquadram-se no Passo 2 – Avaliar o Desempenho, especialmente no ponto 2.1. Recolha e monitorização de dados, e 2.4. Analisar. É referido que esta monitorização deve ser feita com um nível adequado de detalhe e tendo em conta todas as fontes de energia. O SMRE implementado deve ser definido pelo nível e âmbito da informação que deverá ser monitorizada e pela frequência com que é feita a recolha dos dados. Refere-se ainda, que se deve utilizar o SMRE, para divulgar o desempenho energético a outras partes da organização, utilizando formatos facilmente perceptíveis, e assim motivar mudanças de comportamento. É referido que um bom sistema de monitorização deve tornar o reporte fácil.

Ao nível de conteúdo podemos considerar que a Norma ISO 50001 define termos e conceitos utilizados na implementação do SGE (por exemplo: consumo de referência, indicadores de desempenho energético) com mais clareza que o “Guia para a Gestão da Energia *Energy Star*”. Por outro lado, a Norma ISO 50001 é mais ambígua, e não tão objectiva, na explicação dos passos que devem ser tomados. O “Guia para a Gestão da Energia *Energy Star*” dá mais e melhores exemplos do que deve ser posto em prática, e é mais objectivo não deixando tantas ambiguidades na determinação de algumas variáveis e metodologias de implementação. Por exemplo:

- Na Norma ISO 50001 é referido que “A organização deve estabelecer um consumo energético de referência utilizando a informação da avaliação energética inicial, considerando um período adequado ao uso e consumo de energia da organização.” – sem dar exemplos da extensão ou do intervalo de tempo a considerar.

- Por outro lado, o “Guia para a Gestão da Energia *Energy Star*”, diz que: “Para estabelecer consumos energéticos de referência (...) devem-se recolher pelo menos dois anos de dados mensais, ou de um intervalo mais frequente se possível. (...) Deve ser estabelecido um ano base ou uma média de anos representativos, e dependendo do tipo de instalação/organização, deve-se normalizar tendo em conta dados climatéricos, horas de operação, produção, ou outros factores de normalização.”

Pode-se assim considerar que um SGE do tipo *Energy Star* tem uma grande semelhança como um SGE do tipo ISO 50001, encontrando-se apenas diferenças estruturais e de estilo de escrita no documento que determina os requisitos e modo de implementação do Sistema de Gestão de Energia.

Tanto no SGE do tipo *Energy Star*, como no SGE do tipo ISO 50001 é sugerida a implementação de um sistema avançado capaz de realizar a medição e análise dos consumos de energia. Em ambos está patente a importância de medir os consumos de forma automática e analisar os dados de forma a obter outras informações, como indicadores, poupanças obtidas em relação a um período de referência, etc.

### 3.1.5 Regulamentos portugueses: SGCIE, RGCE, SCE(RECS)

De acordo com o tipo de organização consumidora de energia existem Regulamentos na Lei Portuguesa que devem ser cumpridos e que de alguma forma se aproximam a um Sistema de Gestão de Energia, ou cujo cumprimento do Regulamento facilita e dá suporte à implementação de um Sistema de Gestão de Energia. São casos disso os seguintes:

- SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (Decreto-Lei n.º71/2008 de 15 de Abril)
- RGCE – Regulamento da Gestão dos Consumos de Energia (Decreto-Lei n.º58/82 de 26 de Fevereiro, Decreto-Lei n.º428/83 de 9 de Dezembro e Portaria n.º359/82 de 7 de Abril)
- SCE (RECS) – Sistema de Certificação Energética (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços) (Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de Agosto)

O SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia com consumos superiores a 500 tep/ano, resultando da revisão do RGCE - Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia. Este diploma define quais as instalações consideradas Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), alargando o âmbito de aplicação do anterior Regulamento a um maior número de empresas e instalações, com vista ao aumento da sua eficiência energética.

O SGCIE prevê que as instalações CIE realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, que se elaborem e executem Planos de Racionalização dos Consumos de Energia, estabelecendo acordos de racionalização desses consumos com a Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) que, contemplem objectivos mínimos de eficiência energética, associando ao seu cumprimento a obtenção de incentivos pelos operadores (entidades que exploram instalações CIE).

O Plano de Racionalização dos Consumos de Energia é elaborado com base nos relatórios das auditorias energéticas obrigatórias, prevendo a implementação, nos primeiros três anos, de todas as medidas identificadas com um período de retorno do investimento inferior ou igual a cinco anos no caso das instalações com consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, ou com um período de retorno de investimento inferior ou igual a três anos no caso das restantes instalações. São estabelecidas metas de acordo com as medidas identificadas e tendo em conta os seguintes indicadores: Intensidade Energética, Intensidade Carbónica e Consumo Específico de Energia. (ADENE, 2014)

O RGCE – Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia é um Regulamento de 1982 e que tem no SGCIE a sua revisão mais actual. Apesar de ter sido revogado pelo SGCIE existem ainda organizações com planos RGCE ainda em curso, como é o caso das empresas de transportes. Tal como no SGCIE, são realizadas auditorias energéticas com o objectivo de identificar medidas passíveis de



aumentar a eficiência energética das organizações. Existem também verificações periódicas do cumprimento das metas propostas e uma monitorização do progresso na eficiência energética da organização.

O SCE (RECS) – Sistema de Certificação Energética (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços) é um Regulamento que estabelece as regras de projecto, construção, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços e seus sistemas técnicos, bem como os requisitos para a caracterização do seu desempenho, no sentido de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior. Este Regulamento estabelece que o desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços novos que se encontrem em funcionamento deve ser avaliado periodicamente com vista à identificação de oportunidades de redução dos consumos específicos de energia. O RECS estabelece ainda a obrigatoriedade de fazer uma avaliação energética periódica dos consumos energéticos dos edifícios já existentes e a necessidade de elaborar um plano de racionalização energética com identificação e implementação de medidas de eficiência energética com viabilidade económica. Este Regulamento prevê para os grandes edifícios de serviços existentes a realização de auditorias energéticas periódicas de 6 em 6 anos. A construção, venda ou arrendamento de um edifício pressupõe a certificação do edifício de acordo com os requisitos dispostos no Sistema de Certificação Energética. O processo de certificação resulta num Certificado Energético que contém, entre outras informações, indicadores de desempenho energético do edifício, a descrição detalhada dos sistemas energéticos do edifício e propostas de melhoria do desempenho energético do edifício. (Decreto-Lei n.º118, 2013)

É importante referir que o presente Regulamento, estabelecido pelo Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de Agosto não é explícito em relação à utilização de sistemas de monitorização. O Regulamento anterior, Decreto-Lei n.º79/2006 era explícito em relação a este ponto, determinando no Artigo 16.º que a monitorização e gestão de energia e eram obrigatórias a partir de um limiar de potência definida. (Decreto-Lei n.º79, 2006)

É também estabelecido pela Portaria n.º 349-A/2013 de 29 de Novembro que o Técnico Interno de Manutenção dos edifícios regulados pelo SCE (RECS) deve ser responsável por promover a instalação de sistemas de contagem de energia, que permitam uma avaliação mais detalhada dos consumos, sempre que possível, e efectuar o registo anual do desempenho energético, tendo por base a melhor informação disponível.

A Tabela 1 mostra a integração entre a Norma ISO 50001 e os Regulamentos Portugueses SGCIE, RGCE e SCE (RECS). É possível relacionar a metodologia PDCA da Norma ISO 50001 com os Regulamentos e encontrar relações entre cada um dos passos da metodologia PDCA e alguns artigos de cada um dos Regulamentos.

Tabela 1 – Integração da ISO 50001 com o SGCIE, RGCE e SCE

ISO 50001	SGCIE	RGCE	SCE (RECS)
<b>PLANEAR (PLAN)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliação energética (4.4.3)</li> <li>Consumo energético de referência (4.4.4)</li> <li>Indicadores de desempenho energético (4.4.5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auditoria energética (art.º6º)</li> <li>Intensidade energética e carbónica, Consumo específico de energia (art.º7º)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auditoria energética (art.º11º)</li> <li>Consumos específicos (art.º14º)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliação Energética (art.º35º)</li> </ul>
<b>EXECUTAR (DO)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano de acção para a gestão de energia (4.4.6)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano de racionalização (art.º7º)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano de racionalização (art.º15º)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano de racionalização (art.º35º)</li> </ul>
<b>VERIFICAR (CHECK)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitorização e medição (4.6.1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relatório de progresso (art.º9º)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medição periódica e relatório de progresso (art.º17º)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de contagem de energia (Portaria n.º 349-A/2013)</li> <li>Avaliação energética periódica (art.º39º)</li> </ul>
<b>ACTUAR (ACT)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisão pela gestão (4.7)</li> <li>Saída da revisão (4.7.3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relatório final (art.º9º)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relatório anual e novo Plano de utilização racional de energia (art.º18º)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relatório de Avaliação Energética (art.º39º)</li> </ul>

No caso do SGCIE a integração no SGE pode ser feita pelas seguintes relações:

- No Planeamento Energético necessário para a implementação do SGE podem-se poupar recursos integrando a Auditoria Energética feita para o SGCIE (art.º6º do DL n.º71/2008) no SGE. Da mesma forma, os Indicadores de Desempenho Energético definidos no âmbito do SGCIE (Consumo Específico, Intensidade Energética e Intensidade Carbónica (art.º7º do DL n.º71/2008)) podem ser utilizados no SGE ou funcionar como base para definir outros IDE's.
- No passo Executar da Metodologia PDCA é possível integrar, no SGE a implementar, o plano de racionalização (art.º7º do DL n.º 71/2008) definido no SGCIE.
- No passo Verificar da Metodologia PDCA é também possível integrar uma parte do SGCIE no SGE, havendo uma relação directa entre a Monitorização e Medição requerida pela Norma ISO 50001 e o Relatório de progresso (art.º9º do DL n.º71/2008) do SGCIE.
- No caso do passo Actuar da Metodologia PDCA é possível integrar o Relatório Final do SGCIE (art.º9º do DL n.º71/2008) no SGE a implementar, sendo este Relatório final passível de apoiar a Revisão pela gestão da Norma ISO 50001.

No caso do RGCE a integração no SGE pode ser feita pelas seguintes relações:

- No passo Planear da Metodologia PDCA é possível integrar a Auditoria Energética feita para o RGCE (art.º11º da Portaria nº359/82) no SGE. Da mesma forma, os Consumos Específicos determinados no âmbito do RGCE (art.º14 da Portaria nº359/82) podem ser utilizados no SGE ou funcionar como base para definir outros IDE's.
- No passo Executar da Metodologia PDCA é possível integrar, no SGE a implementar, o Plano de racionalização (art.º15º da Portaria nº 359/82) definido no RGCE.
- No passo Verificar da Metodologia PDCA é também possível integrar uma parte do RGCE no SGE, havendo uma relação directa entre a Monitorização e Medição requerida pela Norma ISO 50001 e o Medição periódica e Relatório de progresso (art.º17º da Portaria nº359/82) do RGCE.
- No caso do passo Actuar da Metodologia PDCA é possível integrar o Relatório anual e o novo Plano de utilização racional de energia do RGCE (art.º18º e art.º19º da Portaria nº359/82) no SGE a implementar, sendo estes, passíveis de apoiar a Revisão pela Gestão da Norma ISO 50001.

No caso do SCE (RECS) a integração pode ser feita pelas seguintes relações:

- No passo Planear da Metodologia PDCA é possível integrar no SGE a Avaliação Energética feita ao edifício no âmbito do RECS (art.º35º do DL nº 118/20013). Da mesma forma, os Consumos Específicos determinados no âmbito do RSECE (art.º31º do DL n.º79/2006) podem ser utilizados no SGE ou funcionar como base para definir outros IDE's.
- No passo Executar da Metodologia PDCA é possível integrar, no SGE a implementar, o Plano de racionalização (art.º35º do DL n.º118/2013) definido no RECS.
- No passo Verificar da Metodologia PDCA é também possível integrar uma parte do RECS no SGE, havendo uma relação directa entre a Monitorização e Medição, requerida pela Norma ISO 50001, e as Avaliação energética periódica (art.º39º do DL n.º118/2013) e os Sistemas de contagem de energia referidos na Portaria n.º 349-A/2013.
- No caso do passo Actuar da Metodologia PDCA é possível integrar, no SGE a implementar, o Relatório de Avaliação Energética (art.º39º do DL n.º118/2013) resultante do RECS, sendo este, passíveis de apoiar a Revisão pela Gestão da Norma ISO 50001.

O SGE a implementar pode integrar vários pontos dos três Regulamentos Portugueses abordados, e existe até a possibilidade do SGE integrar pontos de mais do que um Regulamento. Todos os consumos significativos devem ser tidos em conta para o SGE. Uma organização com uma instalação industrial que se enquadre no SGCIE, e com um grande edifício de serviços como sede enquadrado no RECS é um exemplo de uma situação em que o SGE pode integrar vários Regulamentos.

Além da integração dos Regulamentos apropriados para cada consumo energético da organização, podem ser considerados todos os consumos extra Regulamento, isto é, consumos não enquadrados nos Regulamentos existentes, seja por serem pequenos consumos ou por outras razões.

A Figura 20 representa a integração dos vários Regulamentos Portugueses num SGE do tipo ISO 50001.

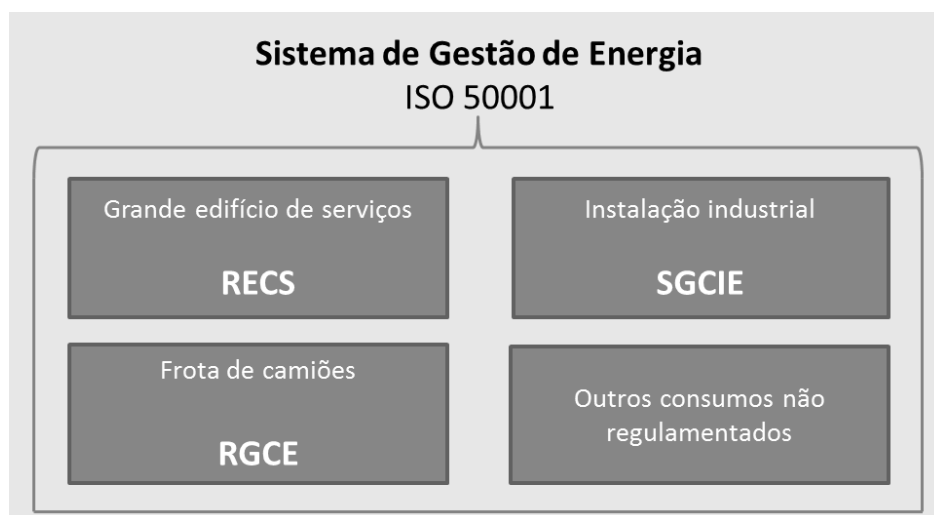


Figura 20 – Integração dos vários consumos energéticos, regulamentados e não regulamentados no SGE

### 3.2 Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia

Existem duas abordagens para uma gestão mais eficiente da energia: Eficiência Energética Passiva e Eficiência Energética Activa. (Genet & Schubert, 2013)

Alguns exemplos de Eficiência Energética Passiva são: medidas como a instalação de isolamento para redução de transferências de calor; ou da utilização de equipamentos mais eficientes. A Eficiência Energética Passiva define-se como a adopção de medidas contra perdas térmicas e a utilização de equipamentos de baixo consumo, entre outros. (Marchais, 2011)

No entanto, a abordagem passiva não é suficiente para se atingir os melhores resultados possíveis. A eficiência energética é, por natureza, um esforço a longo prazo de gestão activa da procura. (Genet & Schubert, 2013)

A Eficiência Energética Activa é definida como a mudança permanente através de medição, monitorização e controlo da utilização de energia. (Marchais, 2011). Esta é conseguida através da criação de uma infra-estrutura para medir, monitorizar e controlar continuamente a utilização de energia, com vista a poder responder activamente às necessidades do edifício e dos seus utilizadores por medidas que possam ser duradouras e reimplementadas em qualquer instante. Exemplos de medidas de Eficiência Energética Activa são: a alteração da temperatura de operação num sistema de climatização; ou a alteração do horário de funcionamento de um sistema de iluminação.

Na maioria dos casos as medidas de Eficiência Energética Activa compreendem regular o modo de funcionamento de um dado equipamento fazendo essa gestão apoiar-se na informação obtida por sistemas de monitorização. (Genet & Schubert, 2013)

Para se conseguir obter eficiência energética numa organização devem-se pôr em prática as medidas passivas, mas para ir mais além e atingir o melhor desempenho energético possível, é necessário implementar e instalar um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia adequado à organização em causa. Apenas tendo acesso à informação, de forma contínua e automática, sobre os consumos de uma organização se pode gerir esses mesmos consumos. Todas as outras formas de gestão serão apenas aproximações feitas pela melhor estimativa.

Neste capítulo abordam-se os Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia (SMRE), sistemas esses que poderão ser na maioria dos casos uma ferramenta de apoio ao processo de gestão de energia bastante eficaz.

#### 3.2.1 Conceito de Sistema de Monitorização e Reporte de Energia

No sentido de definir o conceito de Sistema de Monitorização e Reporte de Energia começa-se por expor outros conceitos já conhecidos e provados na área da medição de energia:

**Contador normal** - Dispositivo tipicamente electromecânico, ou em alguns casos, electrónico, que de forma cumulativa mede, regista e grava informação agregada que, periodicamente é lida e utilizada para facturação de consumos energéticos (ou água, etc), ou para gestão de energia. (Sullivan, Hurt, Pugh, Sandusky, Koehler, & Boyd, 2011)

**Contador Inteligente (*Smart Meter*)** - Um Contador Inteligente é um contador desenvolvido para corresponder mais às necessidades dos fornecedores, produtores e distribuidores de energia do que propriamente às necessidades de gestão de energia de um utilizador final. Isto porque com o aumento da penetração de energias renováveis descentralizadas na rede aumenta também a dificuldade em gerir a distribuição de energia. Seja por necessidade de conjugar a procura com a oferta de energia, ou seja pela maior sofisticação necessária para gerir uma rede com muitos produtores descentralizados e energia a fluir em vários sentidos – por oposição às redes tradicionais baseadas na produção térmica centralizada, com energia a fluir apenas num sentido. Os Contadores Inteligentes em princípio focam-se mais no conceito de medição de “edifício por inteiro”, e não na medição de equipamentos ou sectores individuais.

No caso da electricidade, um Contador Inteligente mede os consumos de energia e fornecer à empresa gestora da rede eléctrica, ou aos produtores e distribuidores de energia (dependendo da organização e

tipo de mercado), informação sobre o consumo dos clientes. Um dos incentivos para o avanço na tecnologia dos Contadores Inteligentes é a necessidade da rede saber qual é a procura de energia actual.

Os Contadores Inteligentes são também úteis na medição de produção de energia renovável quando essa produção é vendida à rede eléctrica e não apenas autoconsumida.

No futuro os Contadores Inteligentes poderão desempenhar um papel muito importante no caso de existirem preços variáveis dependendo da procura e oferta de energia. Estes poderão vir a dar *feedback* aos consumidores sobre tarifas variáveis ao longo do dia dependentes da procura e oferta, enviando alertas de preços baixos quando houver produção renovável em excesso.

Os Contadores Inteligentes poderão ter uma vertente mais dirigida para a gestão de energia por parte do cliente/consumidor no caso de fornecerem a informação sobre os consumos de energia em tempo real ou útil para o cliente. O que acontece hoje em dia na maioria dos casos é que o cliente ainda não recebe informação sobre os consumos em tempo útil para fazer uma gestão adequada da energia. Alguns clientes têm acesso ao consumo detalhado da sua instalação (na maioria dos casos por sistemas de telecontagem), mas apenas após o período de facturação. (Sullivan, Hurt, Pugh, Sandusky, Koehler, & Boyd, 2011)

**Contador Avançado (*Advanced Meter*)** – O conceito de Contador Avançado, é o de um contador tipicamente desenvolvido com foco no cliente, ou utilizador final, ou seja, para ser funcional para o gestor de energia, ou de instalação. Isto é a primeira e principal diferença para os chamados *Smart Meters*. Tem a capacidade de medir e registar séries de dados de consumos energéticos e comunicar essa informação para uma localização remota de forma a ser facilmente integrada num Sistema de Avançado de Medição. Deverá ter pelo menos resolução de informação horária e a capacidade de adquirir os dados diariamente. Os Contadores Avançados têm variações nas suas características dependendo do que medem:

- No caso de electricidade, os Contadores Avançados oferecem uma gama cada vez maior de medições, registos, intervalos e métodos de comunicação. Os dados mais importantes são potência (kW) e energia (kWh). Para além destes dados, alguns oferecem capacidade de fazer outros diagnósticos como monitorização da tensão (V), corrente (A), factor de potência, qualidade de energia e outras capacidades de análise estatística. Estas medições estão disponíveis numa grande variedade de opções de exportação (miliampères, tensão, Modbus, impulsos, etc.) e através de cada vez mais métodos de comunicação.
- No caso de outros consumos energéticos (gás, vapor, e água), os Contadores Avançados focam-se na capacidade de registar consumos em intervalos de tempo, na maioria dos casos com menos detalhe que no caso da electricidade, e comunicar essa informação a quem gere esse recurso.

**Sistema Avançado de Medição (*Advanced Metering System*)** – Segundo a Comissão Federal Regulatória de Energia do EUA, um Sistema Avançado de Medição é um sistema que recolhe dados de consumos energéticos diferenciados no tempo, utilizando Contadores Avançados, através de um sistema em rede, seja numa base periódica definida, ou quando pedido pelo utilizador ou pelo sistema. Um Sistema Avançado de Medição inclui *hardware* e *software*, e faz registo, comunicação remota, armazenamento local ou remoto, e visualização local e remota de dados, podendo ainda ter capacidade de análise de dados. O sistema é, no mínimo, capaz de fornecer informação dos consumos numa base diária, e pode ter outras características e funcionalidades relacionadas com gestão e operação de energia.

Esta definição da Comissão Federal Regulatória dos EUA foi feita com base em quatro origens: numa revisão ao estado da arte das tecnologias de medição e comunicação; em especificações dadas por fornecedores de energia quando questionados sobre os conceitos “*smart metering*” e “*advanced metering*”; qual o tipo de contadores e infra-estrutura é necessária para suportar resposta à procura, e para acrescentar benefícios adicionais para além da redução dos custos de medição; e a definição de medição avançada existente no *Energy Policy Act 2005*. (Federal Energy Regulatory Commission, 2008)

Pode-se considerar que a definição utilizada pela Comissão Federal Regulatória de Energia do EUA para Sistema Avançado de Medição é muito semelhante com o conceito de Sistema de Monitorização e Reporte de Energia.

**Sistema de Monitorização e Reporte de Energia** - Um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia baseia-se na medição automática e de forma contínua dos consumos de energia, e utiliza, para fazer essas medições, contadores de energia. Os contadores utilizados para fazer essas medições são Contadores Avançados (*Advanced Meters*). Para se considerar que um conjunto de Contadores Avançados é um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia é necessário que os contadores registem e enviem os dados remotamente para uma localização onde um sistema possa integrar todos os dados e fazer análises que dêem apoio à gestão de energia. O conceito Sistema de Monitorização e Reporte de Energia pressupõe que o sistema de monitorização tenha funcionalidades automáticas de análise de consumos de energia e facilite o trabalho do gestor de energia pelas suas capacidades e funcionalidades.

Assim pode-se considerar que um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia é um Sistema Avançado de Medição com funcionalidades de análise e reporte automático que dê apoio à gestão da energia.

### 3.2.2 Tipos de abordagem à medição de energia

Os quatro níveis predominantes de medição de recursos energéticos são os seguintes:

- Medição isolada
- Medição de tempo de funcionamento
- Monitorização de curto prazo
- Monitorização de longo prazo

Cada nível tem as suas características únicas – nenhum tipo de abordagem de medição é ideal para todos os projectos e objectivos. Uma descrição breve de cada tipo de nível de medição ou monitorização é feita em baixo. (Electric Power Research Institute, 1996)

#### Medição isolada

A medição isolada é útil em várias actividades de medição de base para perceber os usos imediatos de energia, desempenho de equipamentos, carga instantânea, potências consumidas, etc.

As medições isoladas são úteis quando um projecto de eficiência energética resulta numa mudança limitada e não abrangente no desempenho do sistema. A intensidade de corrente de um motor eléctrico ou sistema de iluminação medida antes e depois de um *retrofit*<sup>1</sup> pode ser útil para quantificar poupanças (assumindo que se continua a ter as mesmas horas de operação antes e depois).

O equipamento utilizado para fazer medições isoladas inclui: pinças amperimétricas, pontas de prova, sondas de temperatura, pirómetros, caudalímetros não intrusivos, instrumentos de medição da eficiência de combustão, etc.

#### Medição corrente

As medições do tempo de operação são feitas quando a variável crítica é o tempo de operação do equipamento. Estas medições são feitas quando um projecto de eficiência energética tem impacto sobre as horas de funcionamento de um equipamento. Aplicações apropriadas são por exemplo, a monitorização do tempo de operação de ventiladores, bombas, sistemas de aquecimento ou arrefecimento e de sistemas de iluminação.

---

<sup>1</sup> *Retrofit* – Substituição ou *upgrade* de um equipamento

Como este tipo de medição não captura a componente energética do sistema, normalmente utilizam-se em conjunto com as medições isoladas.

Os equipamentos normalmente utilizados para fazer medições do tempo de operação são *data-loggers*<sup>2</sup> autónomos, capazes de gravar uma série de dados de consumo ao longo do tempo. Estas medições são normalmente realizadas no local pelo equipamento de medida, gravadas na memória e mais tarde descarregadas pelo utilizador.

### **Monitorização de curto prazo**

A monitorização de curto prazo combina ambos os elementos dos dois níveis anteriores numa série de dados de uso de energia ou recurso: magnitude e duração. Tipicamente, a monitorização de curto prazo é utilizada para verificar o desempenho, analisar tendências, ou validar melhorias na eficiência energética. Neste nível a monitorização é feita por menos de um ano, na maioria dos casos na ordem das semanas ou meses.

O equipamento utilizado em monitorizações de curto prazo inclui uma série de *data-loggers* portáteis e autónomos capazes de adquirir séries de dados temporais e com várias variáveis e gravar e armazenar esses dados. A maioria destes *data-loggers* aceita uma grande variedade de sensores incluindo temperatura, pressão, tensão eléctrica, caudal, etc., e têm entradas de comunicação *standard*. A descarga dos dados pode ser feita manualmente no local ou nalguns casos podem ser utilizadas comunicações em rede para transferir os dados.

### **Monitorização de longo prazo**

A monitorização de longo prazo, tal como a de curto prazo, também faz uso da gravação de séries temporais de dados de consumo de energia, mas ao longo de um período maior. É diferente da monitorização de curto prazo já que é uma monitorização na maior parte das vezes definitiva e a longo prazo.

As aplicações em que é recomendável que se utilize este tipo de monitorização incluem situações onde o sistema é afectado por variações climáticas, variações de comportamento dos ocupantes, ou outras variações nas condições de operação que não possam ser correctamente previstas e calculadas. Outras aplicações incluem a alocação de custos, subfacturação de custos, ou em casos onde a persistência da poupança de energia ao longo do tempo possa ser afectada.

Os equipamentos utilizados para monitorização de longo prazo são *data-loggers*, contadores avançados de energia do tipo dos utilizados pelos fornecedores de energia, ou sistemas de aquisição de dados do tipo industrial. Na maioria dos casos estes sistemas comunicam através de redes de comunicação, ou até via *modem*<sup>3</sup> telefónico, internet, ou cartões de dados móveis.

Um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia é um sistema que se baseia em monitorização de longo prazo, e pode-se considerar que esta abordagem à medição/monitorização de energia é a única que serve de forma eficaz um SMRE.

### **Comparação entre os vários tipos de medição/ monitorização**

A Tabela 2 resume os vários tipos de medição / monitorização e faz uma análise comparativa entre os vários tipos.

---

<sup>2</sup> *Data-loggers* – equipamentos utilizados para concentrar e guardar dados

<sup>3</sup> *Modem* – Palavra com origem na língua inglesa, pela contracção das palavras *MOD*ulator e *DEMOD*ulator. É um dispositivo electrónico que converte um sinal digital numa onda analógica, pronta a ser transmitida pela linha telefónica, e que reconverte o sinal analógico para o formato digital original. (Dictionary.reference)



Tabela 2 – Comparação e detalhes dos vários tipos de medição / monitorização. (Adaptado de (U.S. Department of Energy))

	<b>Medição isolada</b>	<b>Medição corrente</b>	<b>Monitorização de curto prazo</b>	<b>Monitorização de longo prazo</b>
<b>Custo</b>	Baixo	Baixo/Médio	Médio/Alto	Alto
<b>Precisão</b>	Baixa	Média	Média/Alta	Média/Alta
<b>Dificuldade de medir /instalar</b>	A mais baixa	Baixa/ Média	Média/Alta	A mais alta
<b>Intrusivo</b>	Não	Não	Possivelmente	Sim (na maioria dos casos)
<b>Tempo para obtenção de resultados</b>	O mais baixo	Médio	Médio	Médio/Alto – dependente da instalação
<b>Tratamento dos dados</b>	Os dados são tratados manualmente	Os dados são descarregados manualmente do equipamento de medição e exige cálculos posteriores	Os dados podem ser transferidos por redes de comunicação automaticamente (dependendo do equipamento de medição)	Os dados são transferidos automaticamente por redes de comunicação e podem ter algum tratamento automático de acordo com os objectivos
<b>Outras observações</b>	Mede apenas a variável de consumo imediato	Mede apenas a variável de tempo de funcionamento	A variação sazonal ou dependente das condições de operação não é monitorizada	É a única abordagem possível quando se fala de Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia

### 3.2.3 Aplicações de um SMRE

Existem várias razões para se implementar um SMRE. A mais comum e transversal é aumentar a eficiência energética da instalação, mas podem existir outros objectivos ou benefícios em instalar um SMRE.

As aplicações de um SMRE podem ser:

- Análise de consumos de energia
- Alocação/atribuição de consumos e repartição de custos energéticos
- Agregação de consumidores com objectivo de redução de custos
- Subfacturação de custos energéticos
- Gerar informação para tomar opções de investimento
- Comparar desempenhos energéticos (*benchmarking*)
- Gerir de forma inteligente a instalação eléctrica
- Verificar a contagem por parte da empresa fornecedora de energia
- Gerir a resposta à procura de energia
- Garantir a conformidade com um regulamento, norma ou certificação energética
- Analisar a qualidade de energia
- Medição e Verificação (M&V) de poupanças energéticas em contractos de desempenho energético
- Promover a sensibilização para a temática da eficiência energética
- Resposta a situações de emergência

- Identificação de avarias ou mau funcionamento de equipamento

A descrição detalhada de cada uma das funcionalidades e aplicações de um SMRE encontra-se no Anexo I – Aplicações de um SMRE.

### 3.3 Relação entre SMRE e SGE

A tendência no mercado actual é para o aumento da implementação de Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia uma vez que as empresas necessitam de dados sobre os consumos energéticos, seja com vista ao aumento da eficiência energética, seja por outros motivos, como os apresentados no capítulo 3.2.3 desta dissertação. Tendo em conta que hoje em dia existem cada vez mais organizações que implementam e utilizam um SMRE, existe a oportunidade e a necessidade de enquadrar a utilização dos mesmos dentro de um Sistema de Gestão de Energia.

Pela Figura 21 é possível perceber qual o enquadramento tipo de um SMRE dentro de um SGE do tipo ISO 50001.

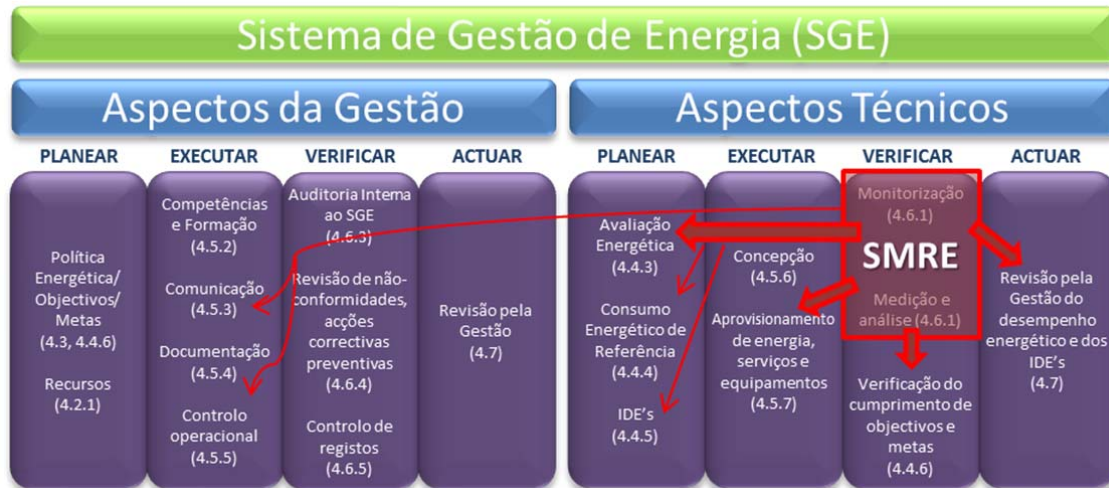


Figura 21 – Enquadramento de um SMRE ao abrigo de um SGE (Adaptado de (McCaffrey & Monaghan, 2012))

O SMRE enquadra-se na ISO 50001 relacionando-se com os Aspectos Técnicos da Norma. Considerando a metodologia *Plan-Do-Check-Act*, e olhando para os Aspectos Técnicos da Norma, temos que o SMRE é parte fundamental do passo Verificar (*Check*). A Monitorização dos consumos energéticos e de outras variáveis chave do processo de avaliação energética faz parte deste passo. É na Monitorização e Medição (capítulo 4.6.1 da Norma) que o Sistema de Monitorização e Reporte de Energia tem o seu papel principal. A Verificação e cumprimentos dos objectivos e metas (capítulo 4.4.6) é também um ponto onde o SMRE deverá ter uma intervenção importante. Um SMRE deve ter a capacidade de analisar dados e reportar de forma automática a evolução do desempenho energético, verificando o cumprimentos dos objectivos. Além da função de monitorizar consumos energéticos e outras variáveis chave para o desempenho energético das organizações, o SMRE apoia ainda o SGE dando suporte em outros pontos e requisitos. Utilizando os dados adquiridos pelo SMRE é possível fazer a Avaliação Energética (capítulo 4.4.3 da Norma ISO 50001), a determinação do Consumo de Energético de Referência (capítulo 4.4.4) e dos Indicadores de Desempenho Energético (capítulo 4.4.5). Estes capítulos fazem parte do passo Planear (*Plan*), mas quando é necessário fazer a revisão dos mesmos, ao abrigo do passo Actuar (*Act*), é também com base nos dados obtidos pelo SMRE que se actua e revê os IDE's e o Consumo Energético de Referência. A informação obtida pelo SMRE dá ainda apoio no passo Executar (*Do*) quando se trata de fazer o Aprovisionamento da Energia (capítulo 4.5.7).

Em relação aos Aspectos da Gestão, o SMRE pode dar apoio à Comunicação (capítulo 4.5.3), através da divulgação aos funcionários da organização (e se pretendido a terceiros) dos resultados de desempenho energético. Um SMRE é uma ferramenta forte para este objectivo devido às capacidades gráficas de amostragem de dados. O SMRE pode também dar apoio à gestão no Controlo Operacional (capítulo 4.5.5) na identificação de necessidades de manutenção dos equipamentos a monitorizar.

Um SMRE é por norma uma ferramenta que pode fazer a diferença no que toca à identificação das ineficiências e das possíveis melhorias no desempenho energético, no entanto, se não forem medidas as grandezas relevantes e mais importantes para a organização, e se não se analisar e usar os dados adquiridos da melhor maneira, um SMRE, por si só não acrescenta valor a um SGE.

Em muitos casos o SMRE não acrescenta valor a um plano de eficiência energética e não ajuda a melhorar o desempenho energético da organização porque não tem o suporte de um SGE. Tome-se por exemplo um caso no qual existe um SMRE instalado mas não existe o suporte de um SGE:

- existem dados sobre os consumos energéticos mas não foram definidos IDE's para avaliar o desempenho energético;
- ou até foram definidos os IDE's, mas não foram definidos objectivos e metas a atingir;
- ou o caso em que se definiram inicialmente os IDE's a analisar, os objectivos a atingir, mas não foi definida uma equipa (ou responsável) com funções de analisar regularmente o cumprimento dos objectivos;
- ou ainda o caso em que foram definidos os IDE's a analisar, objectivos e metas a atingir, existe uma equipa que avalia os resultados e o seu cumprimentos, mas não existe uma apropriada documentação, comunicação dos resultados, e formação aos restantes trabalhadores da organização.

Na maioria dos casos, a implementação e seguimento rigoroso de um SGE é o que ajuda a recuperar o investimento feito na instalação do SMRE. É o SGE que garante que não se perde a objectividade e que se mantém uma abordagem sistemática ao problema.

É o SGE que, entre outras coisas:

- assegura que a equipa tem objectivos definidos e tempo destinado à análise e reporte dos dados;
- define qual é informação chave e que informação deve ser analisada e quais são os IDE's;
- com base nos consumos mais significativos de energia, define a localização onde se devem recolher dados e onde monitorização automática e constante é realmente necessária;
- assegura que a formação dos recursos humanos é bem gerida;
- assegura que são tomadas acções contínuas e sistemáticas baseadas no desempenho energético, em políticas energéticas claras e definidas e em planos de gestão de energia.

Em suma: O SMRE é uma parte importante do SGE; informação proveniente do SMRE (utilizada apropriadamente) dá apoio à tomada de boas decisões ao nível do SGE; o SGE dá suporte e instruções sobre o planeamento e concepção do SMRE e assegura que o investimento no SMRE tem retorno; o SMRE e o SGE complementam-se.

Dado que é com base nos dados obtidos pelo SMRE que se tomam decisões ao abrigo de um SGE, podemos considerar que o SMRE é uma parte crítica de um SGE.

Um SMRE não é portanto, desenvolvido com o objectivo de substituir um SGE.

## 4. Implementação de um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia

As opções a tomar para a implementação de um SMRE devem ter em conta factores como tipo de instalação, tipo de construção, localização e geografia da instalação, custos com energia, política energética da organização, objectivo da organização, entre outros. Isto significa que não se deve utilizar uma abordagem *standard* do tipo “tamanho único” para todos os projectos de implementação de SMRE. E significa também que um projecto bem sucedido poderá não ser reproduzível com os mesmos resultados, havendo diferenças no caso do tipo de instalação, tipo de consumo, e os objectivos variarem.

Para assegurar que o SMRE a instalar tem o melhor desempenho possível e corresponde ao esperado é necessário que antes e durante a implementação do mesmo se tomem as devidas precauções. Deve-se assegurar as que as particularidades e singularidades de cada projecto são salvaguardadas.

### 4.1 Plano de implementação do SMRE

O primeiro passo a dar para qualquer organização que esteja a planear implementar um SMRE deve ser desenvolver o respectivo plano de implementação. Este processo pode demorar vários anos a estar concluído, no caso de se tratar de uma organização com vários edifícios e várias variáveis chave a medir. Ao longo deste processo de implementação, várias questões potencialmente complexas deverão ser respondidas. A melhor maneira de dar apoio à resposta a estas perguntas é ter em prática um plano de implementação que responda às seguintes questões: (US Department of Energy, 2011)

- Estabelecer objectivos para o SMRE – Esta questão poderá ser em parte respondida pelos objectivos definidos pelo SGE. Se o único objectivo do SMRE for obter dados para fazer cumprir os objectivos definidos pelo SGE, então esta questão é respondida pelo SGE;
- Identificar as necessidades de medição e monitorização actuais e previsíveis para o futuro;
- Identificar processos de recuperação para situações em que a monitorização pare ou fique afectada por erros de calibração ou outras falhas, e se perca informação ou se considere que alguma informação possa estar errada;
- Oferecer a oportunidade de obter e manter apoio da gestão e de todos os interessados;
- Assegurar consistência na tomada de decisões à medida que o processo de implementação do sistema avança;
- Identificar pontos-chave e atribuir responsabilidades baseadas no nível de competência;
- Determinar detalhadamente qual a formação necessária para a análise dos dados;
- Prever acompanhamento e adaptações necessárias para a implementação em curso;

#### 4.1.1 Determinar objectivos do SMRE

Em paralelo com o desenvolvimento do plano de implementação devem definir-se os objectivos do sistema a implementar. Como evidenciado no capítulo 3.2.3 desta dissertação existem várias aplicações possíveis para um SMRE. Dependendo do que se pretende do SMRE é possível tomar vários caminhos e elaborar o projecto de uma ou de outra maneira. Nesta dissertação pretende-se fazer uma análise às relações entre um SMRE e um SGE, pelo que se explora mais a fundo a utilização de um SMRE ao abrigo de um SGE, mas nunca deixando de parte as outras aplicações de um SMRE.

#### 4.1.2 Determinar Indicadores de Desempenho Energético (IDE's)

Considerando que o SMRE que se está a implementar é apoiado e enquadrado pelo SGE, é importante que, antes de decidir que dados recolher, se tenham seguido os pontos anteriores a essa decisão no plano de acção relativo ao SGE. Ou seja, é indispensável passar por todos os passos de planeamento do SGE. Assim, é importante determinar quais os dados necessários para cumprir os objectivos do

projecto determinados pela gestão. Para avaliar se os objectivos estão a ser cumpridos é necessário definir métricas, ou pesos e medidas, com os quais se vão avaliar o desempenho energético. Estas métricas são os Indicadores de Desempenho Energético (IDE's). Desta forma, para determinar quais os dados a recolher devem-se determinar, numa primeira fase, os IDE's a utilizar. Os IDE's devem ser escolhidos e determinados com base nas especificidades da organização e na avaliação que se pretende fazer do desempenho energético.

A determinação de IDE's pode ter vários propósitos, sendo que neste caso é feita com o objectivo de avaliar o desempenho energético da organização, ou de subunidades da organização. Deve-se ter em atenção, que quando o propósito dos IDE's é fazer comparação de consumos entre sectores de edifícios, ou entre vários edifícios, devem ser isolados os consumos que podem introduzir equívocos na análise comparativa, ou seja, consumos que são específicos de cada sector ou edifício individual dentro do leque de sectores ou edifícios a comparar, e que não são típicos do sector de actividade que se está a comparar, como por exemplo: laboratórios num campus universitário; ou oficinas com máquinas pesadas num edifício de escritórios; ou no caso de se pretenderem comparar pisos de um edifício de escritórios, a existência de refeitórios, auditórios ou centros de dados num dos pisos. Incluir estes consumos numa análise comparativa pode reduzir a validade das conclusões. Este tipo de consumos atípicos deve ser retirado quando se pretende fazer *benchmarking*, a não ser que se integrem metodologias de ajuste para estes consumos atípicos.

### 4.1.3 Determinar os Pontos de Medição

Após decidir quais os IDE's a analisar, e determinar quais os dados necessários, é necessário determinar como se vão obter esses dados.

Para determinar a solução para como obter os dados devem-se considerar as seguintes questões:

- Qual/Quais – informação/dados devem ser recolhidos?
- Quão frequentemente – se devem recolher dados?
- Como – deve ser recolhida essa informação?
- Onde – devem ser recolhidos os dados?

A resposta a estas questões resume-se na determinação do Ponto de Medição. (Genet & Schubert, 2013)

O SMRE deve ser projectado de maneira a assegurar que os dados recolhidos serão suficientes para a análise pretendida.

Uma das dificuldades de projectar um SMRE é não cair no erro de recolher dados em defeito ou em excesso. Recolher informação insuficiente poderá invalidar uma análise coerente aos consumos energéticos. Recolher dados em excesso, que nunca serão analisados pelos operadores do SMRE também é errado já que se vão aplicar recursos económicos e materiais no sistema a instalar, que poderiam ser melhor aplicados noutras medidas de eficiência energética.

Pela Figura 22 é possível perceber quais as variáveis a que se deve responder para identificar o Ponto de Medição

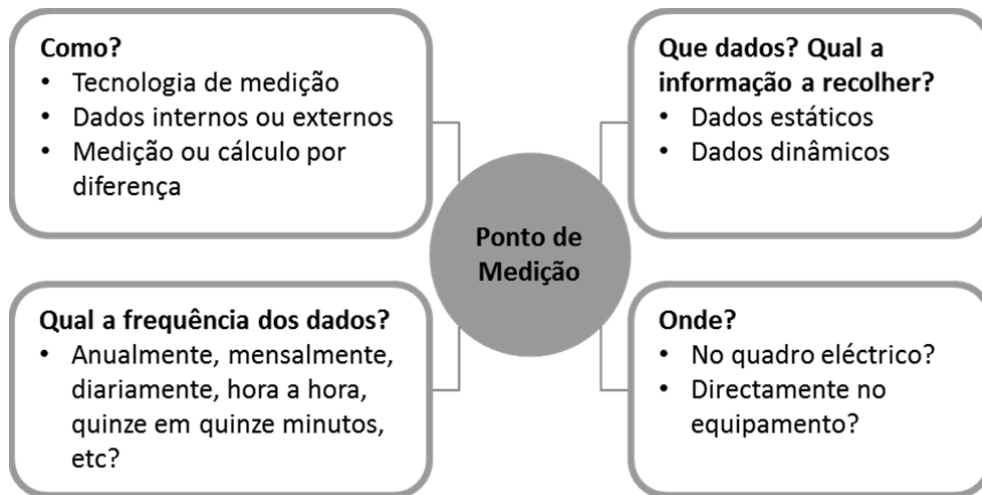


Figura 22 – Variáveis a determinar para identificar o Ponto de Medição (Adaptado de (Genet & Schubert, 2013))

### Qual a informação a recolher? / Quais os dados necessários?

Dependendo do tipo de IDE's a analisar temos dois tipos de informação a recolher:

- Dados estáticos, como por exemplo área do edifício, volume a climatizar, eficiência nominal do equipamento, etc.
- Dados dinâmicos, tais como potência, energia, temperatura, caudais de fluídos (água, gás, ar), etc. – Agregado a estes dados dinâmicos é importante também saber a frequência de recolha.

### Qual a frequência de recolha de dados?

A frequência de recolha de dados depende dos objectivos do projecto. Se o SMRE estiver a ser instalado como ferramenta de monitorização ao abrigo de um SGE, a frequência de recolha de dados deve ter em conta os objectivos definidos pela gestão. Apresentam-se alguns exemplos:

- Se os objectivos de implementação do SMRE forem a criação de um sistema de alarme sobre os consumos, para que o sistema seja capaz de ter resposta rápida, é necessário que as medições sejam feitas de forma frequente – medições a cada 10 a 15 minutos.
- Para análise dos consumos de energia também será necessário uma medição frequente da ordem dos 10 a 15 minutos para que o sistema seja capaz de gerar curvas de consumo.
- Se o objectivo for sub-facturar ou auditar a facturação feita pelo fornecedor de energia, a frequência necessária é mais baixa, podendo ser apenas uma vez por dia, ou mais vezes dependendo da tarifa ser constante ao longo do dia ou variável.
- Para fazer análise comparativa (*benchmarking*) também poderá ser suficiente uma vez por dia, dependendo do tipo de indicador a comparar.

### Como se deve recolher a informação?

A forma de obtenção da informação também deve ser determinada antecipadamente. Esta pode depender dos objectivos do SMRE e do grau de rigor necessário para se cumprir os objectivos.

A forma de obtenção dos dados pode variar e os pontos seguintes exemplificam a variedade de formas de obtenção dos dados:

- **Tecnologia de medição?** – utilização de contadores antigos e automatização dos mesmos ou renovação completa?

- **Instalação de contadores ou sensores internos ou utilização de fontes externas?** – um exemplo da opção a tomar neste ponto é o seguinte: se se necessitam dados de temperatura para cálculo de IDE's (graus dia de aquecimento, etc) qual o método a utilizar? Instalar um novo sensor de temperatura no local ou utilizar dados externos (de estações meteorológicas nas redondezas ou dados de previsões de temperaturas)?
- **Medição de todos os consumos ou cálculo de consumos por diferença?** – instalar contadores em todos os equipamentos que se pretende monitorizar ou instalar um contador num equipamento e considerar o consumo do outro equipamento como a diferença face ao consumo total?

### Onde deve ser o ponto de medida?

A determinação do local de medição depende de várias variáveis, sendo que na maioria dos casos esta questão depende de questões técnicas e físicas da instalação e dos componentes do SMRE. A colocação dos contadores e sensores para obtenção dos dados depende das especificidades do edifício ou instalação industrial a monitorizar. Em alguns casos, em instalações antigas, a monitorização pode ser dificultada pela instalação eléctrica existente, sendo necessário fazer compromissos para a obtenção dos dados mais fiáveis possíveis.

## 4.2 Componentes de um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia

Um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia é composto por vários equipamentos, processos e relações. Os 5 componentes básicos de um SMRE, podendo estes ser equipamentos, processos, relações ou conjuntos dos vários anteriores são os seguintes: (New Buildings Institute, 2009)

- **Contadores e Sensores** – O contador recolhe dados de intensidade de corrente eléctrica dos transformadores de corrente e transfere esses dados para o segundo elemento, o Sistema de Aquisição de Dados. (SAD) Os dados podem ser ou não visualizados no local. Existem outros tipos de contadores e sensores, como contadores de gás, sensores de temperatura, humidade, luminosidade, etc., que também poderão comunicar para o SAD. Os contadores podem enviar a informação automaticamente, ou esta ser requisitada pelo SAD em intervalos regulares.
- **Sistema de Aquisição de Dados** – O Sistema de Aquisição de Dados (SAD) coordena a recolha de dados de vários sensores e contadores utilizando uma rede de comunicação com ou sem fios. O SAD pode funcionar isoladamente ou ser uma parte do sistema de automação do edifício capaz de gravar dados. Os dados são transferidos do Sistema de Aquisição de Dados para a Base de Dados Remota através da *Gateway*.
- **Gateway e Serviço de Comunicação** – Um equipamento que envia os dados dos sensores e contadores em momentos pré-definidos do Sistema de Aquisição de Dados para a Base de Dados Remota, através de serviços de comunicação como internet, ligações telefónicas com ou sem fios, etc. A *Gateway* e o Sistema de Aquisição de Dados estão muitas vezes combinadas num só equipamento. Os momentos pré-definidos de envio de dados podem ir desde instantaneamente (em tempo real), até frequência diária, dependendo da quantidade de dados recolhidos e dos objectivos.
- **Base de Dados Remota** – A Base de Dados Remota é um servidor remoto com capacidade de armazenamento e processamento dos dados. Pode ter localização física dentro da organização, ser fornecido pelos fornecedores do equipamento do SMRE ou até estar localizado na “nuvem”. (*web-based servers*). Assim que os dados estiverem na Base de Dados podem ser visualizados e analisados utilizando as ferramentas de *software*.
- **Software de visualização e análise de dados** – O último elemento é um *software* que permite o acesso à Base de Dados Remota e assim visualizar e analisar os dados e elaborar relatórios. Dependendo do tipo de Base de Dados este *software* pode ser baseado na *internet* ou não. O



método predominante actualmente é o baseado em fornecedores de serviços pela *web*, ou seja, o software não tem de ser instalado no computador.<sup>4</sup>

Estes cinco componentes de um SMRE nem sempre se encontram separados em cinco equipamentos diferentes, e podem até ser separados em mais equipamentos ou processos, dependendo da tecnologia utilizada. Na Figura 23 pode-se observar uma representação dos vários componentes de um SMRE e as relações existentes entre estes componentes. Uma abordagem à tecnologia e aos vários dispositivos utilizados em cada um dos componentes é feita no capítulo 4.3.

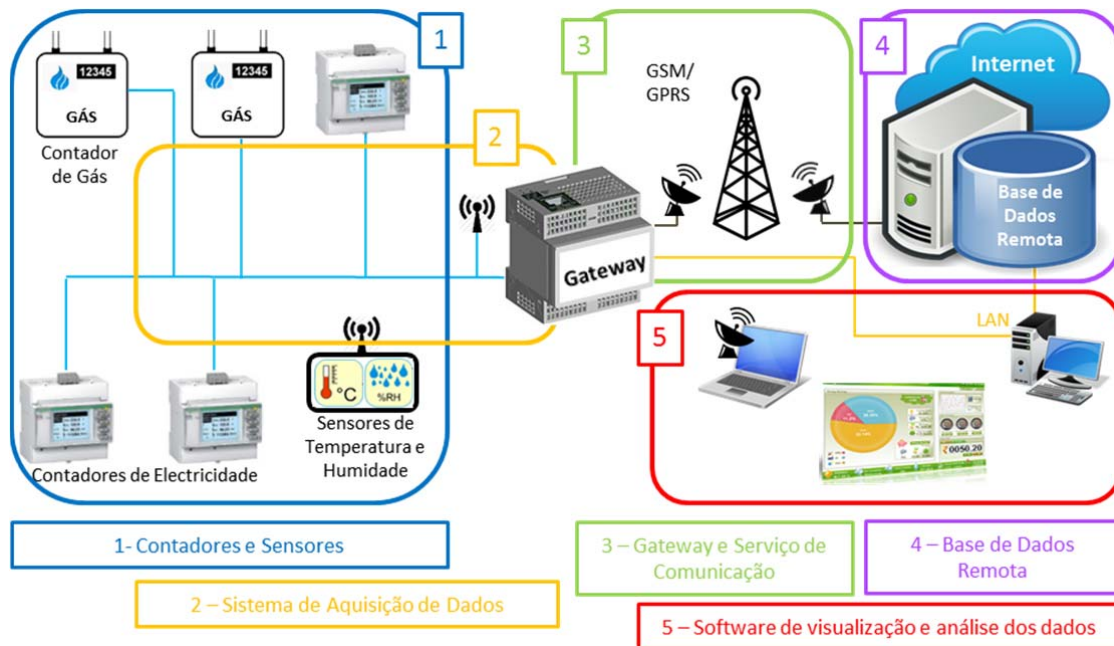


Figura 23 – Componentes de um SMRE

## 4.3 Tecnologias de Medição e Monitorização

### 4.3.1 Equipamentos de Medição

#### 4.3.1.1 Equipamentos de medição de Energia Eléctrica

Os equipamentos de medição de energia eléctrica podem medir várias variáveis, desde quantidade de energia consumida, passando pela potência consumida, até à qualidade de energia. Dependendo das suas características um equipamento de medição de energia eléctrica pode medir as seguintes variáveis, entre outras:

- Intensidade de Corrente
- Tensão
- Potência Activa
- Potência Reactiva
- Potência Aparente

<sup>4</sup> *Application Service Provider* (ASP) - é a denominação dada às empresas que disponibilizam serviços ou aplicações informáticas com base na *web*. (Bianchi, 2000)

- Energia Activa
- Energia Reactiva
- Energia Aparente
- Factor de Potência
- THD (*Total Harmonic Distortion*)
- Medição em quatro quadrantes

A medição de energia eléctrica num SMRE é feita pelos contadores eléctricos. Existem vários tipos e tecnologias de contadores e estes são abordados nos três subcapítulos seguintes.

Quando a corrente a medir é demasiado alta para que se apliquem directamente os equipamentos de medição (contadores), utilizam-se transformadores de corrente, que transformam a corrente, com as mesmas características vectoriais, para valores possíveis de serem lidos pelos contadores. É feita uma abordagem mais aprofundada às tecnologias utilizadas nos transformadores de corrente no ponto 4.3.1.1.4.

Uma comparação com as principais vantagens e desafios da utilização dos vários tipos de contadores de energia eléctrica é feita na Tabela 3.

#### 4.3.1.1.1 Contadores Mecânicos

São os contadores mais difundidos, principalmente devido ao seu uso elevado no sector residencial. Este tipo de contadores é também chamado de contadores de indução devido ao seu princípio de funcionamento, ou contadores de watt-hora já que apenas contabilizam energia cumulativamente. A Figura 24 representa o interior de um contador de indução. Consistem num disco metálico que se move devido ao campo magnético gerado por dois electroímãs. Um dos electroímãs é composto por uma bobine, onde é gerado um campo magnético proporcional à tensão, e outro electroímã é composto por uma ou mais bobines, onde é gerado um campo magnético proporcional à corrente que passa pelo contador. Os campos magnéticos alternados (devido à corrente alternada - AC) provocam correntes de Eddy no disco metálico. A força que actua no disco girante resulta do produto dos dois campos magnéticos (produto da tensão com a corrente eléctrica). O disco roda então uma velocidade proporcional à potência eléctrica que passa no contador. À medida que o disco roda acciona engrenagens mecânicas que vão mudando os números que aparecem nos mostradores de acordo com a energia consumida de forma cumulativa. (Electric Engineering Portal, 2012)

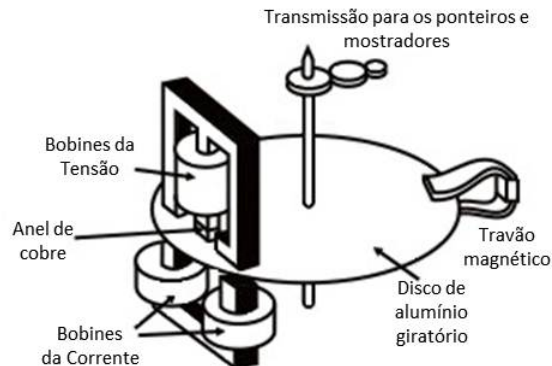


Figura 24 – Representação do interior de um contador de electricidade mecânico (Electric Engineering Portal, 2012)

Os contadores mecânicos têm normalmente uma exactidão na ordem dos 1 a 2%. O custo médio deste tipo de equipamentos é na gama dos 50 a 100 US\$. O custo de instalação depende de várias variáveis sendo a mais importante ser uma instalação nova ou antiga. (New Buildings Institute, 2009)

Um problema deste tipo de contadores é não terem capacidade de armazenar dados, sendo basicamente um dispositivo que vai acumulando o valor de consumo, sendo que o consumo num dado intervalo é a diferença entre o valor actual e o último valor medido.

Este tipo de equipamentos não é facilmente integrável num SMRE já que não é fácil de automatizar a leitura dos dados e comunicação, apesar de existirem leitores ópticos, como o representado na Figura 25, que convertem os valores dos mostradores analógicos para impulsos eléctricos e que podem ser utilizados para converter alguns contadores. (Northstar Telemetrics, 2013)

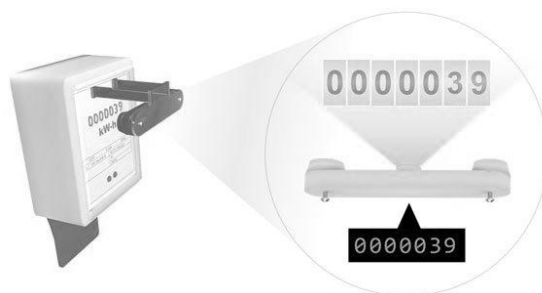


Figura 25 – Leitor Óptico Automático de Contadores (*Optical Automatic Meter Reader*) (Northstar Telemetrics, 2013)

#### 4.3.1.1.2 Contadores Electromecânicos

São semelhantes no método de funcionamento dos contadores mecânicos, ou seja, baseiam-se num disco metálico que gira a uma velocidade proporcional à potência eléctrica consumida. A diferença em relação aos anteriores, é que estes têm de origem (sem necessidade de adaptações como a referida anteriormente) um sensor óptico que mede o número de rotações do disco e envia um impulso eléctrico por cada rotação. Cada rotação do disco corresponde a uma dada quantidade de energia (depende de cada contador), portanto cada impulso eléctrico do contador corresponde a um valor conhecido de energia consumida. Assim, são contadores com capacidade de comunicação.

Tal como os contadores mecânicos, este tipo de contadores não tem capacidade de medir potência (kW), medindo apenas energia consumida (kWh). Também tal como os anteriores, têm uma exactidão de 1 a 2%. Este tipo de equipamentos custa em média entre 200 a 400 US\$. (New Buildings Institute, 2009)

Como têm capacidade de comunicação automática dos dados podem ser integrados num SMRE, mas apenas medem a energia consumida e não potência, o que limita bastante as suas aplicações. Os benefícios que se podem retirar de um sistema que reporta apenas os consumos energéticos, não havendo informação sobre a taxa de consumo (potência eléctrica), podem ser reduzidos.

#### 4.3.1.1.3 Contadores Avançados / Digitais/ de Estado Sólido

Este tipo de contadores difere dos anteriores já que não tem partes mecânicas móveis. Estes contadores funcionam com base em circuitos integrados sofisticados e em transformadores de corrente e de tensão.

Os Contadores Avançados têm a capacidade de medir e gravar intervalos de dados (pelo menos em intervalos horários) e comunicar os dados para uma localização remota, num formato que possa ser facilmente integrado num SMRE. (Energy Policy Act, 2005)

Dependendo do fabricante e modelo do contador, estes contadores têm exactidão desde 0.2 até 3.0%, sendo que a maioria se encontra nos 0.2 a 0.5%. O custo de equipamento também depende dos fabricantes e modelos, mas podem ir em média dos 400 aos 700 US\$, sendo que contadores com funções de diagnóstico mais avançadas podem custar até mais de 2000 US\$. (New Buildings Institute, 2009)

Dentro dos Contadores Avançados existem dois tipo de contadores:

- Contadores de Energia (*Energy Meters*)
- Contadores de Potência (*Power Meters*)

Os Contadores de Energia são usados para gestão de energia a um nível básico, já que apenas medem a quantidade de energia consumida ao longo de um dado período de tempo (kWh). Os Contadores de Potência (*Power Meters*) medem consumos de energia activa e reactiva (kWhr), e ainda uma grande variedade de dados (dependente do equipamento), tais como: medição em quatro quadrantes, factor de potência, potência aparente, potência activa e reactiva e potência de pico consumida. (Genet & Schubert, 2013)

Além dos dados de consumos eléctricos estes contadores podem ainda monitorizar variáveis como a qualidade de energia e o estado da instalação eléctrica e ter outras funcionalidades como as que são apresentadas na seguinte lista:

- Armazenamento de dados em séries temporais – os contadores avançados, na sua maioria, gravam e armazenam os dados numa série temporal onde são registados os consumos, intensidade de consumo e outros dados, em intervalos de tempo seleccionados pelo utilizador.
- Receber *inputs* de outros contadores – podem receber impulsos eléctricos de contadores de gás ou água localizados perto do contador avançado e gravar esses dados na mesma série temporal dos dados de energia eléctrica.
- Capacidades de diagnóstico – alguns contadores analisam o estado da rede, a distorção harmónica, a qualidade de energia, etc. Esta funcionalidade pode ser importante, por exemplo no caso de cargas sensíveis como centros de dados e equipamentos que contenham informação importante.
- Comunicação em dois sentidos – normalmente a comunicação avançada é feita nos dois sentidos, o que permite alterar as configurações do contador remotamente (por exemplo: alterar o intervalo de tempo das séries de dados)
- Alarmes sobre o estado da rede eléctrica – alguns equipamentos avançados podem enviar alarmes em casos de corte de energia a cargas, como equipamentos médicos ou de frio que não podem estar desligados durante muito tempo.
- Funcionalidades de alarme de consumo – alguns contadores avançados podem enviar alarmes quando a potência consumida se aproxima de valores definidos pelo utilizador. Estes alarmes também podem ser muitas vezes definidos no software de gestão dos dados, e não no contador.
- Funcionalidades de controlo – alguns contadores podem também além da função de alarme, ter opção de controlo de equipamentos. Tal como na funcionalidade de alarme, o utilizador define valores limite de potência que não deverão ser ultrapassados, e assim que a potência se aproxima desses valores, o contador pode deslastrar cargas ou desligar equipamentos pré-definidos pelo utilizador de forma automática.
- Intervalos de medição flexíveis – para funções de diagnóstico alguns contadores avançados têm possibilidade de definir intervalos de medição que podem ir ao minuto.
- Estatísticas – mínimos, máximos, médias, e outras informações estatísticas. Os contadores avançados têm capacidade de gravar e analisar dados e obter valiosa informação estatística sobre esses dados, podendo o contador de forma automática reportar estes resultados.
- Várias formas de comunicação – muitos contadores avançados têm mais do que uma maneira de exportar e comunicar os dados e a informação obtida durante a monitorização, o que pode ser um método de redundância das comunicações para garantir que os dados não se perdem.

Tabela 3 – Vantagens e Desafios dos diferentes tipos de contadores (Sullivan, Hurt, Pugh, Sandusky, Koehler, &amp; Boyd, 2011)

Tipo de Contador	Vantagens	Desafios
<b>Mecânico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixo Custo</li> <li>Relativamente preciso</li> <li>Bastante comum</li> <li>Em casos onde não haja alternativa pode ser automatizado com custos adicionais (equipamento de leitura óptica)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leitura dos dados manual</li> <li>Não tem possibilidade de registar os consumos em função do tempo</li> <li>A não ser que seja automatizado não tem utilidade para um SMRE</li> <li>Nem todos poderão ser automatizados e o custo pode não compensar face à compra de um novo equipamento</li> </ul>
<b>Electro-mecânico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixo a moderado custo</li> <li>Relativamente preciso</li> <li>Pode comunicar e enviar dados automaticamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não existe um registo de consumos em ordem ao tempo</li> <li>Difícilmente terá muita utilidade num SMRE</li> </ul>
<b>Avançado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bastante preciso</li> <li>Armazena os dados e tem capacidade de registar os consumos em função do tempo</li> <li>Pode ter funcionalidades adicionais às das de medição</li> <li>Pode receber entradas de outros contadores</li> <li>Pode ter comunicação nos dois sentidos e capacidade de controlo</li> <li>Pode ter capacidades de alarme</li> <li>É configurável e flexível às necessidades do utilizador e da instalação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Custo moderado a alto (mais elevado conforme as funcionalidades adicionais)</li> <li>Requer conhecimentos adicionais para a sua instalação</li> <li>Requer sistemas auxiliares como o de aquisição e transferência de dados para que se possa tirar partido das funcionalidades</li> </ul>

#### 4.3.1.1.4 Transformadores de Corrente

Os contadores eléctricos funcionam pela medição da intensidade de corrente e da tensão. A medição da intensidade de corrente é feita utilizando transformadores de corrente, (abreviadamente conhecidos pelas siglas TC ou TI, de Transformadores de Intensidade). Utilizam-se transformadores de corrente quando a corrente no circuito que se pretende monitorizar é demasiado alta para que se apliquem os equipamentos de medida directamente.

Um transformador de corrente é um dispositivo que reproduz a corrente que circula no enrolamento primário no seu circuito secundário mantendo a sua posição vectorial numa proporção adequada. A utilização do transformador de corrente, normalmente em aplicações de alta tensão, isola o circuito primário do circuito secundário, fornecendo correntes suficientemente reduzidas de forma a permitir a sua protecção, controlo e medida. (Bayliss & Hardy, 2012)

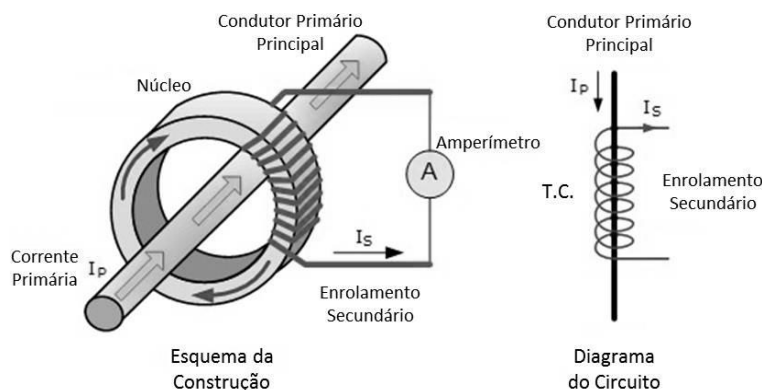


Figura 26 – Representação de um transformador de corrente e o símbolo de circuito (Electronics Tutorials)

Como qualquer outro transformador, um transformador de corrente tem um enrolamento primário, um núcleo magnético, e um enrolamento secundário. A corrente alternada no enrolamento que circula no enrolamento primário produz um campo magnético alternado no núcleo, o que induz uma corrente alternada no enrolamento secundário. No circuito primário circula a corrente que se pretende medir, sendo este circuito composto por uma única espira – o cabo, barramento ou barra a medir. No circuito secundário obtém-se uma corrente proporcional à corrente primária, e com a mesma posição vectorial, o que é importante para garantir que as medições de energia activa, reactiva, aparente e factor de potência são correctas. A Figura 26 é uma representação de um transformador de corrente tipo e o seu símbolo de circuito.

Normalmente, os transformadores de corrente utilizados na maioria dos contadores avançados têm uma relação tal que a corrente no secundário é inferior a 1A ou 5A já que estes são os valores standard com que os contadores de energia trabalham. Se tivermos um transformador de corrente com uma relação de transformação de 100/5, temos que caso a corrente que circula no primário tenha a intensidade máxima de 100A (valor máximo nominal), a corrente lida no secundário é de 5A. Existem transformadores de corrente com diversas relações de transformação para medir várias gamas de intensidade de corrente (dos 5A até aos 5000A). (Bayliss & Hardy, 2012)

Existem transformadores de corrente em que o núcleo é fechado e outros cujo núcleo pode ser separado para facilitar a montagem. No caso dos primeiros, com núcleo fechado, não é possível realizar a instalação sem que se corte o abastecimento de energia e se desligue o cabo ou barra condutora a medir já que o transformador é instalado de forma a abraçar o condutor. Na Figura 27 podem-se observar vários transformadores deste tipo.



Figura 27 – Transformadores de corrente do tipo núcleo sólido (Schneider Electric)



Figura 28 – Transformadores de corrente do tipo núcleo aberto (Schneider Electric)

No caso dos transformadores de corrente de núcleo aberto, estes são construídos em forma de grampo que pode ser aberto para a montagem, e depois fechado. Podemos observar fotografias deste tipo de transformadores na Figura 28. Este tipo de transformadores de corrente é ideal para implementação de SMRE em edifícios ou instalações antigas e onde não é possível ou fácil cortar o abastecimento de energia.

As medições isoladas de corrente feitas por pinças amperimétricas, como a representada na Figura 29, ou as monitorizações feitas com analisadores de redes também utilizam transformadores de corrente com núcleos abertos para facilitar a medição.



Figura 29 – Pinça amperimétrica da marca Fluke (Fluke, 2013)

#### 4.3.1.2 Equipamentos de medição de Gás

A medição de gás apresenta alguns desafios extra quando comparado com outros fluidos (p.e: água). As propriedades físicas do gás, em particular a relação dinâmica entre temperatura e pressão, podem levar a erros de medição se não forem consideradas. A maioria das tecnologias de medição de gás é volumétrica, e não de massa. Fazer medição volumétrica de gás requer a medição da temperatura do fluido e da sua pressão para além do volume/caudal. Isto acontece porque a massa de gás que passa num certo ponto de medição varia com a temperatura e pressão do fluido. As diferenças de densidade resultantes da alteração de temperatura e pressão resultam em diferenças no conteúdo energético de um determinado volume de gás. Como no fundo o que se pretende medir é a energia (conteúdo energético do gás) é realmente necessário normalizar o volume tendo em conta a temperatura e pressão. (EPA, 2014)

Existem várias tecnologias disponíveis para medição de gás, e a escolha da tecnologia a utilizar deve ser ponderada caso a caso e dependendo de várias variáveis de projecto. Alguma das variáveis a ponderar são: o caudal; facilidade de instalação; precisão desejada; aplicação desejada; entre outras. (Engineering Toolbox, 2014)

Os equipamentos de medição de gás do tipo volumétrico mais comuns podem dividir-se em quatro categorias de acordo com a tecnologia utilizada em cada uma das categorias:

- Deslocamento positivo (Diafragma e Êmbolos Rotativos)
- Diferença de pressão (Placa de Orifício e Venturi, entre outros)
- Velocidade (Turbina e Vórtice)
- Sem interferência no fluxo (Ultra-sónicos)

Os equipamentos de medição de gás do tipo mássico dividem-se em duas categorias:

- Térmicos
- Coriolis

Foi feita uma análise detalhada das várias tecnologias de medição de gás e é possível consultar a mesma no Anexo II – Tecnologias de Medição de Gás.

Os SMRE são capazes de monitorizar consumos de outros fluidos além de gás. Neste caso escolheu-se desenvolver-se mais a medição de gás porque considera-se que é um dos vectores energéticos mais utilizados hoje em dia seja no aquecimento de edifícios de serviços, como em processos industriais. Apesar do maior foco dado aos medidores de gás, é possível fazer a medição de outros fluidos, sejam combustíveis, água, vapor, entre outros. Alguns dos equipamentos apresentados para a medição de gás têm a mesma aplicabilidade em outros fluidos. O fluido que se pretende monitorizar, assim como as outras variáveis do projecto (caudal, precisão necessária, facilidade de instalação, etc) devem ser tidas em conta quando da escolha do tipo de medidor a utilizar.

#### 4.3.1.1 Equipamentos de medição de Calor / Entalpia

Os equipamentos de medição de calor, também chamados contadores de entalpia, medem a quantidade de calor que é entregue e/ou consumida num dado ponto. Fora de Portugal os contadores de entalpia são normalmente conhecidos como *BTU Meters* (Contadores de British Thermal Units) nos países onde estas unidades são comuns, ou como *Heat Meters* (Contadores de Calor) nos restantes.

Dependendo da situação, pode haver organizações a receber energia na forma de calor. As organizações podem receber energia sob a forma de calor, proveniente de redes de distribuição de calor, redes normalmente conhecidas como *district heating*. Este tipo de redes de distribuição não é tão frequente em Portugal, mas é bastante comum nos países nórdicos e de climas mais frios, onde existe em muitos casos, uma central de produção de calor que distribui calor através de um fluido circulante por tubagens pela cidade, bairro, etc. onde se encontra a organização. Pode dar-se também a produção e distribuição de frio por diversos consumidores.

Os equipamentos de medição de calor, ou contadores de entalpia, também podem ser utilizados para medir a quantidade de energia útil produzida por um equipamento de produção de calor ou de frio. Ou seja, para além da aplicação já referida, também podem ser utilizados para avaliar o desempenho energético de um equipamento de produção de calor ou de frio utilizado dentro da organização. Estes contadores servem para medir a quantidade de calor produzido por uma caldeira, ou a quantidade de frio produzido por um *Chiller*, por exemplo. (Deltaflowtech, 2011)

A energia térmica a medir circula normalmente num fluido de transferência de calor, sendo que no caso dos sistemas de climatização, o fluido de transferência é normalmente água.

O funcionamento dos contadores baseia-se na medição do caudal do fluido de transferência de calor, em simultâneo com a medição da diferença de temperatura entre a temperatura de entrada do fluido, e a temperatura de saída do fluido. O caudal pode ser medido com recurso a um medidor de fluidos mecânico, ultra-sónico ou electromagnético, como os apresentados no ponto anterior e detalhados no Anexo II – Tecnologias de Medição de Gás, mas adequado ao fluido a medir. As temperaturas são medidas com sensores de temperatura. Os dados (Caudal [ $\text{m}^3$ ] e Diferença de Temperatura [K]) são integrados no calculador electrónico e obtém-se a quantidade de calor transferido para o fluido. (Itrón, 2014)

O funcionamento esquemático de um contador de entalpia é apresentado na Figura 30.

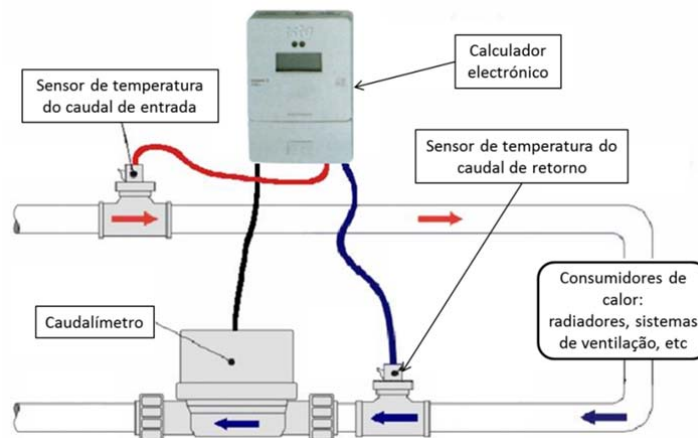


Figura 30 – Esquema do funcionamento de um Contador de Entalpia. (Adaptado de (Deltaflowtech, 2011))

Na Figura 31 e na Figura 32 apresentam-se dois tipos de Contadores de Entalpia. Um com o módulo de cálculo electrónico integrado no caudalímetros, e outro com o módulo electrónico separado. É possível observar os sensores de temperatura em ambas as figuras.



Figura 31 – Contador de Entalpia com módulo de cálculo electrónico integrado. (Metering Solutions UK , 2005)



Figura 32 – Contador de Entalpia com módulo de cálculo electrónico separado do caudalímetro. (Metering Solutions UK , 2005)



### 4.3.2 Comunicação e Transmissão de Dados

Uma particularidade essencial aos SMRE é a transmissão dos dados de forma eficiente e prática. Para que se possa ter um processo de monitorização eficaz é necessário que a informação seja transferida em tempo útil até ao local onde é mais necessária. Esse local pode ser muito perto do ponto de medição, para que as equipas de manutenção possam assegurar o correcto funcionamento das redes de energia e equipamento da organização, pode ser num local público e visível a todos os colaboradores da organização como forma de incentivo e sensibilização para a eficiência energética, pode ser num local distante da instalação para que o gestor de energia possa ter acesso à informação quando se encontra fora do horário ou local de trabalho, ou noutro qualquer local em que seja necessário ter acesso a essa informação. Hoje em dia, com a tecnologia já disponível, é possível ter acesso à informação de todos estes locais enumerados utilizando diferentes métodos de comunicação.

O que diferencia os sistemas tradicionais de contagem de um SMRE é que nos sistemas tradicionais não existe um método de comunicação automático, o que torna o processo de gerir a informação uma tarefa minuciosa e que dificilmente poderá atingir os benefícios que se podem obter com a implementação de um SMRE.

Quando se fala de comunicação num sistema de monitorização podemos falar de dois processos: da comunicação dos sensores para o contador; e depois do contador para o ponto de armazenamento, análise e arquivo da informação. A comunicação do sensor para o contador é normalmente feita internamente, dentro do próprio contador e não é visível para o utilizador. Esta secção foca-se na segunda parte, na comunicação do contador para o ponto final de armazenamento, análise e arquivo da informação. (Sullivan, Hurt, Pugh, Sandusky, Koehler, & Boyd, 2011)

Independentemente do tipo de contador, após os dados serem recolhidos, é necessário estabelecer uma via de saída para os dados (*output*). Alguns dos tipos de saídas mais comuns são:

- Saída analógica – tipicamente, 4 a 20 mA ou 0 a 5 volts em corrente contínua (DC)
- *Contact closure* – saída analógica de impulsos (cada vez que o contador atinge um certo valor envia um impulso)
- Saída digital – impulso digital (sinal analógico convertido para digital)
- Sinal digital – comunicação através de redes de comunicação (por exemplo: *Ethernet*<sup>5</sup>, *Modbus*<sup>6</sup>)

Os contadores de sinal digital mais recentes têm a possibilidade de comunicar múltiplos sinais, oferecendo uma grande variedade de opções de comunicação. Estes contadores podem ser ligados em série, (i.e., vários contadores podem comunicar utilizando apenas um par de cabos), o que leva a reduzir os custos de instalação devido à menor quantidade de cabos de comunicação necessários e à redução de custos de instalação. Em alguns casos a informação pode ser visualizada no local de medição através de monitores integrados no contador. Estes contadores são úteis para calibração no local, verificação e programação das funções e para resolução de problemas. O desenvolvimento nas tecnologias sem fios tem resultado em menores custos com cablagem e maior facilidade de instalação. (California Energy Commission, 2007)

---

<sup>5</sup> *Ethernet* – É uma família de tecnologias de redes de computadores para redes locais (LAN – *Local Area Network*). É a norma IEEE 802.3 desde 1983. (IEEE, 2013)

<sup>6</sup> *Modbus* – É um protocolo de comunicação publicado originalmente pela empresa Modicon (hoje em dia pertencente à Schneider Electric) para utilização com controladores lógicos programáveis. É simples e robusto e por isso é um protocolo bastante utilizado para comunicação entre equipamentos electrónicos industriais. (Drury, 2009)

#### 4.3.2.1 Comunicações tradicionais – Não automatizadas

Antes do automatismo introduzido pelos sistemas e comunicações informáticas a comunicação dos dados de medição era feita de forma não automatizada.

O exemplo de transferência de informação de consumos energéticos mais básico é a verificação dos dados nos contadores feita por um funcionário, e apontar os valores à mão em papel. Este método é bastante ineficiente, pouco preciso e muito pouco útil.

Um outro método não automatizado de recolha de dados de consumos energéticos é a recolha de dados utilizando um receptor de radiofrequência de proximidade móvel. Um funcionário move o receptor de radiofrequência pelo edifício ou instalação industrial e os contadores assim que detectam a presença do receptor por perto enviam os dados de energia. Ainda que mais eficiente e preciso, continua a ser um método ineficiente e pouco útil já que depende de mão-de-obra para que se obtenham dados.

Qualquer método de comunicação não automatizada não é tão suficiente para fazer parte de um SMRE devido à ineficiência na recolha dos dados e baixa precisão.

#### 4.3.2.2 Comunicações modernas – Automáticas (*Automated Meter Reading*

(*AMR*))

Os Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia são, tipicamente, sistemas que utilizam comunicações automáticas para transferir a informação.

Os sistemas de monitorização com comunicações automáticas, seja utilizando redes com ou sem fios, estão cada vez a ser mais utilizados devido à sua disponibilidade constante, fiabilidade, e custo decrescente.

Quando se desenvolve a componente de comunicação do sistema de monitorização é importante verificar se já existe alguma infra-estrutura de comunicação na instalação (por exemplo: rede local – LAN (*Local Area Network*), sistemas de automação de edifícios ou sistemas de gestão técnica.). No caso de já existir uma rede de comunicações instalada, há o potencial de baixar os custos com a comunicação do SMRE.

Existem várias tecnologias de comunicação para sistemas de monitorização. Cada uma tem os seus prós e contras e aplicações diferentes. As várias tecnologias podem coexistir no mesmo sistema de monitorização, ou seja, pode haver partes da instalação que utilizam uma tecnologia e outras partes que utilizam outra tecnologia. Em baixo estão as tecnologias predominantes hoje em dia e as vantagens e desafios que cada uma apresenta: (Sullivan, Hurt, Pugh, Sandusky, Koehler, & Boyd, 2011)

**Modem Telefónico** – Pode-se tirar partido da tecnologia de *modem* telefónico bastante comum e distribuída nas organizações para fazer a comunicação de informação sobre energia. Esta solução de comunicação é a mais antiga e tradicionalmente a mais fiável das tecnologias. Em aplicações típicas, um *software* (normalmente associado ao equipamento de medição) é utilizado para ligar de forma automática (do local de análise dos dados para o local de medição dos dados) diariamente ao *modem* e recuperar a informação acumulada do dia. Alguns sistemas também podem funcionar de outra forma, ou seja, ligar do ponto de medida para o ponto de análise em horários pré-determinados ou em momentos específicos em que os dados atinjam um certo valor. A linha telefónica utilizada não tem de ser dedicada para o contador, pode ser partilhada com outras aplicações, inclusive telefones de escritório. A comunicação de informação relativa à monitorização pode ser feita fora do horário de utilização dos telefones e assim não interferir.

Apesar de ser uma tecnologia fiável e acessível, face à relativa larga distribuição de comunicações telefónicas, hoje em dia pode ser uma solução antiquada já que com o custo cada vez mais reduzido das comunicações via internet pode fazer pouco sentido utilizar este tipo de comunicações.

**GSM/GPRS** - A comunicação de dados utilizando *modems* sem fios do tipo GSM (*Global System for Mobile Communications*) é uma possibilidade cada vez mais utilizada. Com esta

tecnologia é possível enviar dados de consumos energéticos directamente para bases de dados remotas através de *modems* de comunicações móveis. Esta tecnologia baseia-se na utilização das redes de comunicações móveis, as mesmas utilizadas pelos telefones móveis indispensáveis nos dias de hoje, para enviar dados. Através da tecnologia GPRS (*General Packer Radio Service*) e das tecnologias que se seguiram a esta (EDGE, UMTS, HSPA, LTE) é possível enviar dados utilizando uma rede de comunicações móveis e ter uma linha dedicada, sempre em comunicação (“*always on*”). (4GAmericas, 2014)

Actualmente, com os custos das comunicações telefónicas móveis cada vez mais reduzidos, este tipo de soluções, com linhas dedicadas, a funcionar continuamente e em tempo real, é cada vez mais utilizado. (Menghal & Kudarial, 2010)

**Rede Local (*Local Area Network (LAN)*)** – Utilizar uma rede local de computadores para servir de via de comunicação para o sistema de monitorização pode ser muito económico.

Quando configurados correctamente, os contadores podem comunicar sobre a rede local utilizando vários protocolos abertos, tais como: *Modbus*, HART, TCP/IP, BACnet, LonWorks, etc. Além disso, os contadores podem normalmente ser endereçados em série e ligados em conjunto para minimizar os custos de instalação e despesas com cablagem. Um benefício adicional da solução LAN é a possibilidade de partilhar a informação para qualquer ponto da rede e de visualizar dados em tempo real.

Para além das redes locais (LAN), também as redes de área alargada (WAN – *Wide Area Network*) podem ser utilizadas por sistemas de monitorização para ligar dois pontos de medição geograficamente separados.

Os principais desafios de usar redes locais para comunicação de dados de monitorização são a possibilidade de falhas de segurança na transmissão dos dados de monitorização e potencial acesso à rede local através dos contadores, que pode introduzir falhas de segurança na rede. Em ambos os casos, protocolos de segurança adequados são medidas suficientes para impedir falhas.

**Sistemas de automação de edifícios (*Building Automation System (BAS)*)** — Utilizando sistemas de automação de edifícios, ou sistemas de gestão técnica, toma-se proveito da infra-estrutura existente. Os cabos utilizados pelo sistema de automação do edifício tornam-se na via de comunicação para o sistema de monitorização. Neste caso, os contadores são tratados como outros pontos no BAS e funcionam da mesma forma que os outros pontos ou sensores no sistema (ou seja, comunicam para e do computador/servidor central).

Utilizar a infra-estrutura existente de um BAS só é possível se houver capacidade extra no sistema para adicionar pontos, e se o *software* do sistema for capaz de utilizar o protocolo de saída dos dados do contador. Estas variáveis devem ser verificadas com os fornecedores do BAS e dos equipamentos de monitorização. Outro desafio adicional derivado de utilizar sistemas de automação de edifícios é relacionado com as capacidades de processamento dos dados por parte do computador central.

Os sistemas de automação de edifícios estão para os edifícios como os sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*) estão para as instalações industriais e aplica-se o mesmo às instalações industriais que aos edifícios.

**Redes sem fios / Radiofrequência (*Wireless / Radio Frequency*)** – Cada vez mais frequente, económico e disponível, este tipo de comunicação utiliza transmissores e receptores de ondas de radiofrequência para transmitir dados. A comunicação sem fios tem os benefícios de baixar os custos com material, por não haver custos com cabos e baixar os custos de manutenção pela maior facilidade e flexibilidade de instalação. Além da redução dos custos de material e de instalação, devido à facilidade de instalação, existe um menor tempo de perturbação do normal funcionamento da organização já que na maior parte dos casos é uma solução quase “*plug-and-play*”. (Federal Energy Management Program, 2007)

Existem várias tecnologias de comunicação sem fios e cada uma tem as suas vantagens e desafios. Na Tabela 4 são enumeradas algumas das tecnologias e as suas características técnicas.

Tabela 4 – Comparação e descrição de várias tecnologias sem fios suas vantagens (Schneider Electric, 2012)

Nome de Mercado da Tecnologia	ZigBee	GSM/GPRS	Wi-Fi	Bluetooth
<b>Norma</b>	802.15.4	<b>GSM/GPRS</b>	802.11b	802.15.1
<b>Principal aplicação</b>	Monitorização e Controlo	Comunicação de dados	Internet, Email, Vídeo, etc	Substituição de cabos
<b>Bateria (dias)</b>	100-1000	1-7	0.5-5	1-7
<b>Tamanho da rede</b>	Ilimitada	1	32	7
<b>Largura de Banda (KB/s)</b>	20-250	124-68	11000	720
<b>Alcance (metros)</b>	1-100	1000	1-100	1-10
<b>Principais Vantagens</b>	Fiabilidade, Eficiência, Baixo custo	Alcance, Qualidade	Velocidade, Flexibilidade	Baixo custo, Conveniência

Pela análise da Tabela 4 podemos concluir que a tecnologia *ZigBee* tem uma largura de banda bastante reduzida. Em comparação com a tecnologia Wi-Fi 802.11b (a mais rápida de todas) a transmissão de dados via *ZigBee*<sup>7</sup> pode ser centenas de vezes mais lenta. Mas isto não é necessariamente uma desvantagem. A baixa largura de banda, significa também baixo consumo energético. Além disso, a aplicação principal da tecnologia *ZigBee* não tem necessidade de grandes larguras de banda, sendo uma solução interessante por exemplo para sensores, monitorização e controlo industrial. Utilizando comunicação baseada em *ZigBee* é possível ter transmissores sem fios associados a sensores ou controladores que podem funcionar vários anos com a mesma bateria. Cada uma destas tecnologias apresentadas tem aplicações mais adequadas do que outras e isso depende das suas características.

Da mesma forma que com a solução de rede local (LAN), as comunicações sem fios têm desafios relacionados com a segurança dos dados e das redes. Além dos desafios de segurança existe ainda o potencial de interferência com outros equipamentos devido às ondas de radiofrequência. Em muitos casos, as preocupações relacionadas com as interferências são infundadas já que existem várias bandas de frequência e os diversos equipamentos sem fios funcionam em diferentes bandas de frequência.

**Transmissão através da rede eléctrica (*Power Line Carrier (PLC)*)** – Esta tecnologia utiliza a rede eléctrica existente, tanto internamente como externamente aos edifícios, como via de comunicação. Nesta tecnologia, um fio condutor utilizado normalmente para distribuição de energia eléctrica em corrente alternada (AC) é utilizado também para transmitir dados.

Utilizar uma infra-estrutura existente como a rede eléctrica normal é uma vantagem do ponto de vista económico, já que não é necessário implementar uma nova infra-estrutura, mas neste caso existem limitações relacionadas com velocidade e quantidade de informação transferida. Além disso existem

---

<sup>7</sup> *ZigBee* – É uma tecnologia de transmissão sem fios de baixo custo e com baixo consumo energético. Os dispositivos *ZigBee* criam uma rede em malha, ou seja, uma rede sem controlo central, e todos os dispositivos transmitem a informação entre si até ao ponto de recolha e conversão para outro protocolo. Devido aos baixos consumos é possível utilizar dispositivos com baterias que funcionam ininterruptamente até vários anos. É uma tecnologia que funciona melhor com baixas taxas de transmissão a pequenas distâncias (entre 10 a 100m). As aplicações vão desde interruptores sem fios, monitores de contadores eléctricos domésticos, sistemas de gestão de trânsito, sensores e outros equipamentos industriais que requerem baixa taxa de transferência a pequenas distâncias. (*ZigBee Alliance*, 2013)

também limitações na transmissão de dados através de transformadores eléctricos utilizados para elevar ou baixar a tensão.

A Tabela 5 faz um resumo das vantagens e desafios das várias tecnologias de comunicação de dados possíveis num SMRE.

Tabela 5 – Vantagens e desafios das várias tecnologias de comunicação de dados

	Vantagens	Desafios
<b>Modem Telefónico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologia já provada</li> <li>• Uma rede privada e segura</li> <li>• Normalmente disponível</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos associados ao serviço de transmissão de dados</li> <li>• Não há acesso à informação em tempo real</li> <li>• Instalação por cabos utilizando equipamento adicional (modem)</li> <li>• Tecnologia antiquada</li> </ul>
<b>GSM/GPRS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não há necessidade de instalar cabos</li> <li>• Transmissão a longa distância</li> <li>• Sempre ligada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos associado ao serviço de transmissão de dados</li> <li>• Necessidade de utilização de serviços de terceiros</li> </ul>
<b>Rede Local (LAN – Local Area Network)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologia provada</li> <li>• Disponibilidade crescente</li> <li>• Sempre ligada</li> <li>• Oportunidade de partilha de dados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de segurança</li> <li>• Instalação por cabos – necessidade de conectividade de rede</li> </ul>
<b>Sistemas de automação de edifícios (BAS – Building Automation System)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sempre disponível</li> <li>• Comunicação rápida</li> <li>• Sempre ligada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenciais problemas de compatibilidade</li> <li>• Potenciais problemas de disponibilidade de informação</li> </ul>
<b>Redes sem fios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não há necessidade de instalar cabos</li> <li>• Comunicações rápidas</li> <li>• Sempre ligada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo do sistema</li> <li>• Potenciais problemas de interferências de ondas de radiofrequência</li> <li>• Limitações de distância</li> <li>• Sistema novo – infra-estrutura nova</li> </ul>
<b>Power Line Carrier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza uma infra-estrutura já existente</li> <li>• Sempre ligada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidade de transferência de dados</li> <li>• Problemas técnicos ao transferir informação através de transformadores</li> </ul>

As soluções actuais são cada vez mais soluções integradas que utilizam mais que um tipo de tecnologia para transmissão dos dados dos contadores. Um exemplo deste tipo de soluções integradas é um sistema com vários contadores ligados em série utilizando o protocolo *Modbus*, ou ligados sem fios utilizando a tecnologia *ZigBee*. Os dados dos vários contadores são agrupados numa *Gateway*, passando para uma rede local LAN com protocolo TCP/IP e depois através de um *modem* GSM para a internet, sendo possível visualizar e analisar os dados de uma ligação remota. A Figura 23 representa uma solução desse tipo.

### 4.3.3 Armazenamento de Dados

O armazenamento de dados de consumos energéticos obtidos pelo SMRE pode ser feito de duas maneiras:

- Armazenamento dos dados localmente - em bases de dados e computadores existentes na instalação a monitorizar;

- Armazenamento dos dados remotamente - em bases de dados pertencentes à empresa fornecedora do *hardware* e *software* incluídos no SMRE.

Na Figura 33 enumeram-se as características de cada uma das opções. As características enumeradas não são vantagens ou desvantagens, mas estas características podem apresentar-se como mais vantajosas ou menos vantajosas dependendo dos objectivos do SMRE.

Armazenamento de dados local	Armazenamento de dados remotamente (na “nuvem”)
<ul style="list-style-type: none"> <li>☛ - Acesso aos dados apenas no local</li> <li>☛ - Instalação de <i>software</i> e custo da respectiva licença</li> <li>☛ - Necessidade de computador dedicado ao processamento e análise dos dados</li> <li>☛ - Menor facilidade de divulgação da informação e dos dados por todos os interessados</li> <li>☛ - Custo do SMRE tipicamente como um produto (ou seja, um só pagamento)</li> <li>☛ - Dados pouco vulneráveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☛ - Possibilidade de acesso aos dados em qualquer local do globo</li> <li>☛ - Não há necessidade de instalação de <i>software</i>, bastando na maioria dos casos um browser de acesso à internet</li> <li>☛ - Facilidade de acesso à informação por parte de todos os interessados</li> <li>☛ - Custo do SMRE tipicamente como um serviço (ou seja, pagamentos enquanto se pretender manter o serviço)</li> <li>☛ - Dados na nuvem implica vulnerabilidade de dados confidenciais</li> </ul>

Figura 33 – Diferentes opções de armazenamento dos dados pelo SMRE e características

Hoje em dia muitas soluções de monitorização oferecidas no mercado baseiam-se no envio dos dados para os servidores da empresa que fornece o SMRE, e o custo imputado à organização, que é alvo de monitorização, é um custo de um serviço, e não de um produto. Isto pode ser considerado um custo extra e prolongado no tempo ou pode ser considerado como benéfico por ser um método de pagamento suave.

Da mesma maneira as outras características podem-se enquadrar como vantagens ou desvantagens dependendo do caso.

#### 4.3.4 Ferramentas Computacionais de Análise dos Dados

A informação obtida pelos vários contadores e sensores dos SMRE só é útil se for analisada de maneira correcta e se se tirarem as devidas conclusões. É neste sentido que as ferramentas de análise dos dados do SMRE podem ser o elo mais forte da cadeia que compõe os SMRE (Contadores e Sensores – Comunicação de dados – Armazenamento de Dados – Ferramentas de Computacionais de Análise), ou o elo mais fraco.

As ferramentas computacionais dos SMRE existentes hoje em dia são capazes das seguintes funções, entre outras:

- Criação de *dashboards*<sup>8</sup> configurados livremente pelo utilizador;
- Avaliação do desempenho energético utilizando Indicadores de Desempenho Energético e comparação com dados anteriores (Utilities Direct, 2012);

<sup>8</sup> *Dashboard* – painel de controlo ou painel de instrumentos. É basicamente uma forma para os decisores obterem um conhecimento rápido dos dados importantes. O *dashboard* também serve como forma de realçar dados específicos, permitindo ao utilizador analisá-los pormenorizadamente. Tipicamente são gráficos onde os dados são mostrados de forma intuitiva e que facilite a sua compreensão. (Excelconsulting, 2014)

- Definição de alertas para a potência instantânea, consumo ao longo de um período determinado, etc.;
- Ferramenta de aquisição (*Procurement Tool*) – Ferramenta integrada com os fornecedores de energia, capaz de fornecer preços imediatos de custos de energia e que oferece a capacidade de facilmente trocar de fornecedor de energia. (Loijos, 2013);
- Auditoria à factura energética (EnergyCAP, 2014);
- Visualização do consumo por diferentes períodos de facturação definidos pelo tipo de contrato (horas de ponta, cheia, vazio e super-vazio) (Schneider Electric, 2013);
- Criação de facturas virtuais associadas para possível subfacturação de custos de energia (EnergyCAP, 2014);
- *Benchmarking* contra outros edifícios do cliente ou valores de referência;
- Cálculo dos gases de efeito de estufa associados ao consumo energético da organização;
- “Normalização” dos consumos energéticos com base nos dados climáticos (EnergyCAP, 2014);
- Cálculo do Período de Retorno de Investimento de diferentes projectos de eficiência energética (Verisae, 2009);

As diversas ferramentas de análise dos dados disponíveis oferecem inúmeras funcionalidades, sendo que de algumas têm melhor aplicabilidade a instalações industriais, outras a edifícios de serviços e de escritórios. A ferramenta computacional de análise a implementar também depende de outras condicionantes, e a escolha deve ser feita tendo em conta as necessidades da organização e do SGE.

Face ao exposto nos pontos anteriores conclui-se que as várias tecnologias disponíveis nos vários componentes de um SMRE devem ser consideradas durante o planeamento do SMRE. A escolha adequada dos componentes e das tecnologias dos mesmos pode significar, por um lado, poupança nos custos com o SMRE, e por outro lado, uma maior adequabilidade ao propósito do SMRE.

Assim, durante o processo de projecto e implementação do SMRE devem-se conhecer as várias tecnologias existentes e disponíveis no mercado, para que este possa ser o mais adequado possível.





## 5. Caso de estudo – Edifício do Campus de Alfragide do LNEG

No sentido de verificar a aplicabilidade de um SMRE num caso prático surgiu o seguinte Caso de estudo: Projectar a implementação de um SMRE num edifício de serviços. O edifício escolhido é o edifício do Campus de Alfragide do LNEG e encontra-se em processo de implementação de um SGE do tipo ISO 50001, pelo que será adequado aos objectivos propostos.

No presente capítulo analisa-se documentação variada relativa ao desempenho energético do Campus de Alfragide do LNEG, e identificam-se os pontos chave que devem ser analisados e tomados em conta para a implementação do SMRE.

O Campus do LNEG de Alfragide situa-se no concelho da Amadora, freguesia de Alfragide, nas coordenadas geográficas 38.731745 Latitude; -9.211460 Longitude. O concelho da Amadora encontra-se numa Zona Climática de Inverno tipo I<sub>1</sub> (o menos rigoroso de três tipos em que o país está dividido) e de Verão tipo V<sub>1</sub> (também numa escala de três níveis) e de acordo com o Anexo III do RCCTE o número de graus dias com base 20°C é 1340, apesar de uma temperatura base 20°C não ser a melhor base a considerar para um edifício de serviços. O edifício situa-se no limite oriental do concelho da Amadora, já na fronteira com o concelho de Lisboa, em que a Zona Climática é de I<sub>1</sub> e V<sub>2</sub>, sendo portanto previsível que o edifício em causa tenha consumos energéticos para arrefecimento semelhantes aos edifícios localizados no concelho de Lisboa ((INETI), 2004).

O Campus é composto por dois edifícios: o edifício social (refeitório) e o edifício principal. O SMRE a implementar abrange ambos os edifícios do campus. O edifício foi construído em 1994.

O edifício principal é um edifício de serviços com uma área bruta de 4522 m<sup>2</sup> e uma área útil de 14 574 m<sup>2</sup>, pelo que se enquadra no RECS e se classifica como Grande Edifício de Serviços (área útil superior a 1000 m<sup>2</sup>). O edifício principal está dividido por seis pisos: os pisos -1 e -2 compostos por armazéns e alguns gabinete e laboratórios; o piso 0 composto pela recepção, foyer, auditório, biblioteca e alguns gabinetes, os pisos 1, 2 e 3 são constituídos essencialmente por gabinetes e alguns laboratórios; o piso 4 é onde se encontra a casa das máquinas com os *chillers* e a caldeira. O edifício principal tem instalado para arrefecimento dois *chillers* com uma potência de arrefecimento unitária de 472kW. Para produção de calor está instalada uma caldeira monobloco a gás propano com a potência térmica nominal de 360.000 kcal/h (419kW) (Milheiro, 2012).

### 5.1 Caracterização energética do Campus de Alfragide

O Campus do LNEG, onde se pretende implementar o SMRE tem neste momento em curso um processo de implementação de um SGE com base na ISO 50001. Com o objectivo de implementar o SGE foram realizadas auditorias, e documentados os dados relativos ao desempenho energético do Campus. Com o propósito de se conhecer a realidade energética do Campus foram utilizados recursos bibliográficos e documentação relativa ao Campus. Tal como referido anteriormente, para projectar correctamente o SMRE é necessário conhecer variáveis chave e pontos críticos.

Nesse sentido, resumem-se nos pontos abaixo as variáveis chave e pontos críticos que foram identificados na bibliografia obtida sobre o Campus do LNEG como mais importantes para o correcto desenho do SMRE.

#### 5.1.1 Consumo Energético de Referência e Metodologia de Ajustes da *Baseline*

O edifício em estudo apresenta consumos de energia eléctrica e de energia térmica. A energia térmica é utilizada maioritariamente para aquecimento do edifício durante a estação de aquecimento, (5,7 meses para o Concelho da Amadora (INETI, 2006)) através da queima de gás propano numa caldeira de água quente que alimenta os sistemas de climatização da maior parte do edifício. Além dos consumos de gás para aquecimento existem ainda alguns esquentadores no edifício para aquecer águas sanitárias (AQS), e também fogões a gás no refeitório, ainda que estes consumos sejam bastante reduzidos quando comparados com os consumos de climatização.

A energia eléctrica consumida no edifício é utilizada para o arrefecimento do edifício pelos *Chillers*, iluminação, ventilação, alimentação de computadores e outros equipamentos de escritório, elevadores, entre outras cargas. A climatização efectuada durante o período de arrefecimento é efectuada por dois *chillers* alimentados por energia eléctrica.

A Figura 34 representa a evolução dos consumos globais de energia em MWh e emissões de CO<sub>2e</sub> em toneladas associadas ao Campus de Alfragide nos anos de 2010, 2011 e 2012.

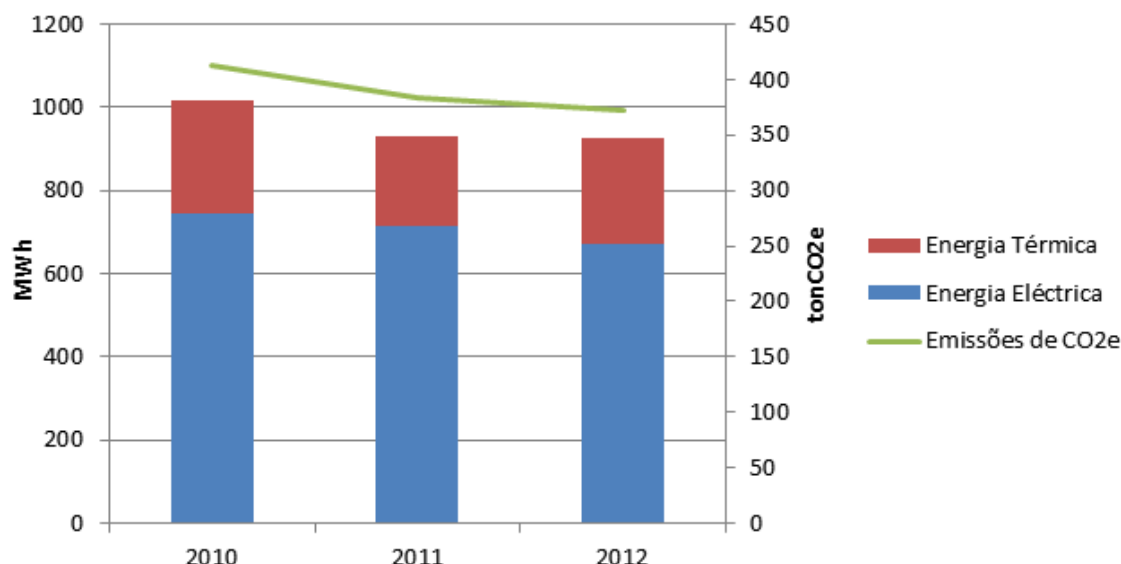


Figura 34 – Evolução mensal dos consumos globais e emissões de CO<sub>2e</sub> associadas, de 2010 a 2012.

Considerando o ano de 2011 (ano intermédio em termos de consumos de energia tendo em conta aos dados conhecidos) tem-se como consumo global durante esse período um total de 931 MWh ou 225 tep (consumo de referência) a que se associa a emissão de 392 toneladas de CO<sub>2e</sub> para a atmosfera. Este consumo de referência divide-se em 714 MWh de energia eléctrica e 218 MWh de energia térmica. Para efeitos de cálculo considerou-se um PCI de 46 MJ/kg o que dá um factor de conversão de 12.78 kWh/kg de gás propano, o factor de conversão para energia primária considerado foi de 1.099 tep/ton. Como factores de emissão para a energia eléctrica utilizou-se o valor de 0.47 (DL n.º17313/2008), apesar dos valores disponibilizados pelo comercializador de electricidade do edifício serem cerca de metade: 0.238 kg CO<sub>2</sub>/kWh para 2011 (pequena variação nos anos de 2010 e 2012) (EDP Serviço Universal, 2013). No caso do gás propano considerou-se um total de 63 kg CO<sub>2e</sub>/GJ resultando num factor de emissão de 0.227 kg CO<sub>2e</sub>/kWh.

### 5.1.2 Energia Eléctrica

O Campus de Alfragide depende essencialmente da energia eléctrica para o seu funcionamento e é visível a sua importância no consumo global de energia. Este vector energético alimenta a iluminação do edifício, o centro de dados com servidores, os computadores e outros equipamentos de escritório, os diversos equipamentos eléctricos, os elevadores, a climatização de arrefecimento realizada pelos dois *chillers*, os sistemas de ventilação e unidades de tratamento de ar, entre outros consumos.

A instalação recebe energia eléctrica em Média Tensão, sendo transformada no Posto de Transformação (PT) do edifício em Baixa Tensão. O PT é composto por dois transformadores.

No âmbito da definição dos consumos energéticos de referência foi determinada a relação entre o consumo de energia eléctrica e as necessidades de aquecimento e de arrefecimento. O método de cálculo do número de Graus-Dia de Arrefecimento (GD<sub>Ar</sub>) e de Graus-Dia de Aquecimento (GDA<sub>q</sub>),

foi aquele a que se refere o ponto 2.4.2 deste trabalho. A temperatura base para efeitos de cálculo foi 15°C porque é esta a temperatura exterior em que se começa a ligar o aquecimento.

Os valores da temperatura exterior média diária foram obtidos através de um privado, proprietário de uma estação meteorológica registada e certificada pelo *website* [www.wunderground.com](http://www.wunderground.com), dedicado à meteorologia e com uma rede bastante extensa de estações meteorológicas registadas que fornecem dados em tempo real via *Internet* (Wunderground, 2013). A estação meteorológica é o ponto de registo de temperatura mais perto do edifício, localizando-se a menos de 2 km em linha recta do edifício. As temperaturas obtidas foram comparadas com outras estações na zona de Lisboa, inclusive estações integradas no SNIRH, e a diferença obtida nunca foi superior a 3°C, pelo que foram considerados fidedignos.

### **Metodologia de ajuste dos consumos de Energia Eléctrica**

Tendo em conta os resultados obtidos foi definida a seguinte metodologia de ajuste dos consumos mensais de energia eléctrica de referência: (Salema & Henriques, 2013)

$$\begin{aligned} \text{Consumo de electricidade (kWh)}_{(mês\ x)} \\ = n^{\circ} \text{ de dias úteis}_{(mês\ x)} \times [GDAR_{(mês\ x)} \times 7,52 + GDAq_{(mês\ x)} \times 3,27 + 1940] \\ + n^{\circ} \text{ de dias não úteis}_{(mês\ x)} \times 952 \end{aligned}$$

#### **5.1.3 Energia Térmica**

O Campus consome gás propano para climatização do edifício, aquecimento de águas sanitárias e produção de refeições no edifício social, sendo o maior consumidor uma caldeira a gás que alimenta o sistema de climatização do edifício principal com água quente. Junto ao edifício existe um depósito de gás com 7.48 m<sup>3</sup> que é reabastecido com a frequência necessária. As quantidades de gás (em kg) com que se abastece o depósito são conhecidas (pela facturação do comercializador de gás) e assim é possível saber a quantidade de gás consumido entre reabastecimentos. Além deste registo existe um registo frequente do nível do depósito (em %) efectuado pelo responsável da manutenção. Cruzando os dois registos é possível estimar o perfil de consumo ocorrido neste período. O perfil diário foi estimado dividindo o valor de gás consumido entre registos do nível do depósito pelo número de dias úteis no mesmo período, ou seja, considerando que durante os fins de semana não existem consumos de gás já que o aquecimento não está ligado.. O erro associado a este método é tão grande quanto maior for o período entre medições.

A Figura 35 mostra uma estimativa dos consumos diários de gás propano e o valor da temperatura exterior média diária entre o dia 1 de Março de 2009 e o dia 21 de Março de 2013 (1482 dias).

Tal como indicado no capítulo sobre a Energia Eléctrica, os valores da temperatura exterior média diária foram obtidos através de um privado, proprietário de uma estação meteorológica registada e certificada pelo *website* [www.wunderground.com](http://www.wunderground.com). A estação meteorológica é o ponto de registo de temperatura mais perto do edifício, localizando-se a menos de 2 km em linha recta do edifício.

Pela análise da Figura 35 é possível identificar que os períodos de maior consumo de gás propano, na figura em kg, estão associados à estação de aquecimento do edifício e a valores mais baixos de temperaturas exteriores.

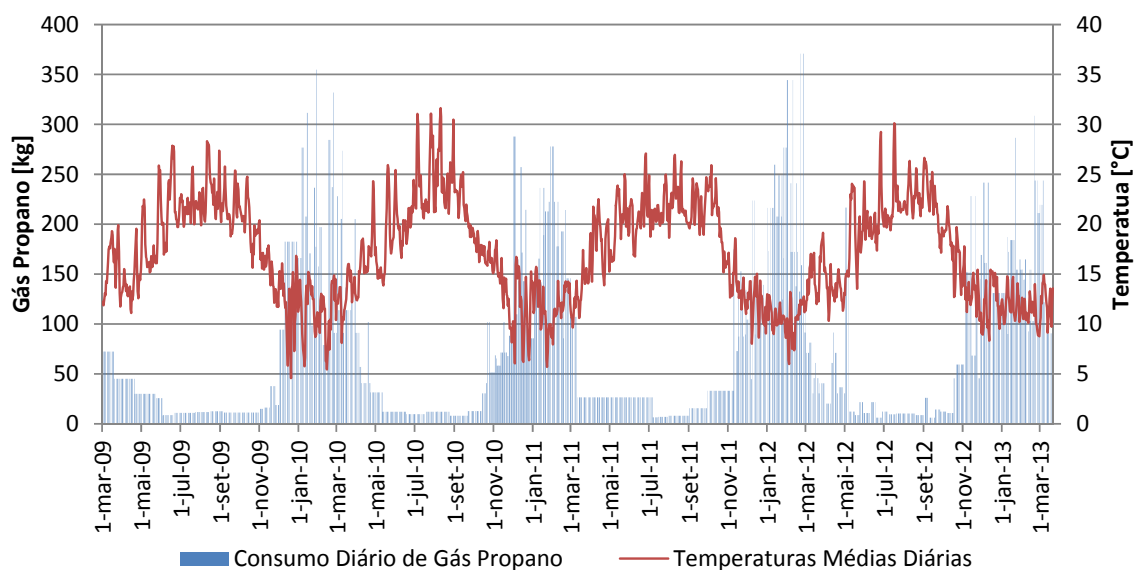


Figura 35 – Estimativa dos consumos diários de gás propano e temperaturas médias exteriores entre 2009 e 2013

O consumo de gás propano encontra-se principalmente associado ao aquecimento do edifício. Desta forma, foi determinada a correlação estatística entre o consumo de gás e as necessidades de aquecimento do edifício. As necessidades de aquecimento são dadas pelo número de GDAq, tal como referido no capítulo 2.4.2.

Neste caso utilizou-se uma temperatura base de aquecimento de 14°C para o cálculo dos GDAq. O período de referência corresponde aos meses de aquecimento entre 2010 e 2012.

A Figura 36 apresenta a relação entre os consumos mensais de gás propano, e os GDAq obtidos para os mesmos períodos.

É observável a forte correlação estatística entre as necessidades de aquecimento e o consumo de gás propano.

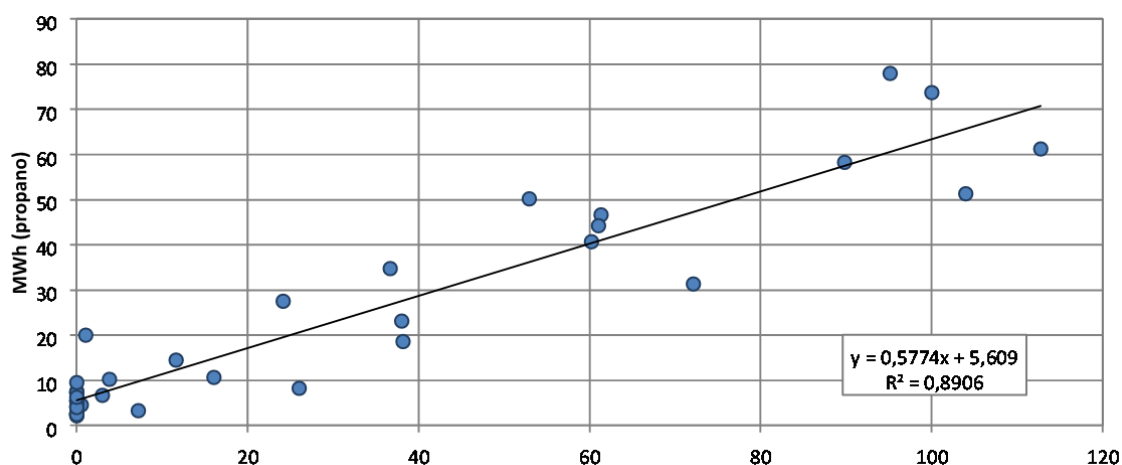


Figura 36 – Correlação entre o total de GDAq mensais e consumo de gás propano nos meses de aquecimento ente 2010 e 2012. (Salema, Abreu, & Palma, 2014)

## Metodologia de ajuste dos consumos de Energia Térmica

Tendo em conta os resultados obtidos no capítulo anterior, foi definida a seguinte metodologia de ajuste dos consumos mensais de energia térmica de referência: (Salema & Henriques, 2013)

$$\text{Consumo de Gás [MWh]} = 0.5774 \times GDAq + 5.609$$

### 5.1.4 Identificação de Indicadores de Desempenho Energético

Os Indicadores de Desempenho Energético definidos para o Campus de Alfragide são os mesmos que foram apresentados no relatório “Processo de Implementação e Resultados do SGE do LNEG” (Salema, Abreu, & Palma, 2014). Na Tabela 6 resumem-se os IDE definidos para o Campus de Alfragide.

Tabela 6 – IDE do Campus de Alfragide

Indicador	Unidade	Base	Observações
Consumo de energia primária por área em uso	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup>	Anual	Reflectem impactes decorrentes da alteração de um factor estático. Possibilitam <i>benchmarking</i> com instalações similares situadas na mesma área climática
Consumo de energia primária por colaborador	kWh <sub>EP</sub> /ocup.	Anual	
Consumo de energia eléctrica em dia útil por Grau-dia de arrefecimento	kWh/GDAr	Anual	Reflectem o desempenho energético de um USE. Calculados com base na metodologia de referência definida no âmbito do SGE
Consumo de gás propano em dia útil por Grau-dia de aquecimento	kWh/GDAq	Anual	
Poupança de energia (energia eléctrica)	kWh	Anual Mensal	Reflectem o desempenho energético da instalação. Calculados com base na Opção C do IPMVP
Poupança de energia (gás propano)	kWh	Anual Mensal	
Poupança de energia primária	kWh <sub>EP</sub>	Anual	

## 5.2 Plano de M&V

Um dos passos necessários para a implementação da Norma ISO 50001 no Campus do LNEG de Alfragide foi a definição um Plano de Medição & Verificação. Nesse sentido, a equipa responsável pela implementação da Norma no Campus definiu as condições e procedimentos de análise e reporte conducentes à monitorização efectiva dos níveis de Desempenho Energético do Campus de Alfragide e os respectivos Usos Significativos de Energia (USE).

O relatório dedicado ao Plano de M&V determina a frequência necessária para a verificação do Desempenho Energético da instalação, assim como a incidência das necessidades de medição relativamente aos USE.

No Plano de Medição & Verificação são determinadas as responsabilidades dos vários intervenientes.

### 5.2.1 Medição e Verificação do Desempenho Energético da instalação – reporte mensal

No relatório de M&V apresentam-se também as condições necessárias para a realização da avaliação do desempenho energético e reporte mensal.

Segundo o relatório (Salema & Abreu, 2014) são considerados, no mínimo, os dados disponibilizados pelos fornecedores de energia eléctrica (facturas de energia e registos de telecontagem) e gás propano (facturas de energia). O relatório refere ainda que os dados são tratados e analisados de forma interpretativa, ajustados, e comparados com os dados de consumo e uso (diagramas de carga) de energia respeitantes aos meses anteriores e a dados de referência. No relatório mensal são identificadas as acções relevantes concretizadas, no domínio da gestão de energia, no período em causa, assim como quaisquer alterações substanciais no que respeita às condições de uso e consumo de energia (factores estáticos).

### 5.2.2 Medição e Verificação do Desempenho Energético dos USE

No relatório são também apresentadas as condições de ensaios necessários para a avaliação do desempenho energético dos USE. A Tabela 7 enumera os USE e a metodologia de medição para a respectiva avaliação do desempenho energético.

Tabela 7 – Monitorização do desempenho energético dos USE. (Salema & Abreu, 2014)

USE	Equipamento	Metodologia	Meios	Periodicidade
Consumo de energia em climatização (aquecimento)	Caldeira de água quente	Determinação do rendimento da caldeira pelo método das perdas.	Medição, em condições de funcionamento estabilizado do equipamento, dos seguintes parâmetros: - Temperatura e teor dos gases em combustão; - Caudal de água; - Diferencial de temperatura da água à entrada e à saída da caldeira; - Temperatura e emissividade das paredes da caldeira	1 vez por ano, no menor período de tempo possível após a entrada em funcionamento do equipamento
Consumo de energia em climatização (arrefecimento)	2 Chillers	Determinação do COP e da curva de desempenho em função da carga.	Medição, por um período mínimo de uma semana, dos seguintes parâmetros: - Consumo de energia eléctrica; - Caudal de água fria; - Diferencial de temperatura da água à entrada e à saída da caldeira; - Temperatura ambiente.	1 vez por ano, no menor período de tempo possível após a entrada em funcionamento do equipamento

No relatório é ainda referido que a concretização destes ensaios de desempenho dá lugar à elaboração de relatórios de avaliação do desempenho energético dos USE em causa. Nestes documentos são apresentados os resultados obtidos, é efectuada a sua comparação com registos anteriores e com dados de referência, e é concretizada uma análise conclusiva quanto aos níveis de desempenho dos equipamentos em causa. (Salema & Abreu, 2014)

Pelo relatório de M&V tira-se a conclusão que o SMRE a implementar deve ser capaz de realizar uma análise dos dados monitorizados em relação ao período de referência e produzir relatórios onde sejam explicitadas as alterações e possíveis melhorias obtidas.

### 5.2.3 Medição e Verificação do Desempenho Energético da instalação – reporte anual

O relatório de M&V determina também a Medição e Verificação do desempenho energético da instalação anualmente. É elaborado e disseminado um documento técnico, dedicado à avaliação do desempenho energético do Campus do Alfragide no ano anterior. Para estes efeitos é considerada a informação constante nos relatórios de reporte mensal, assim como quaisquer outros registos relevantes e fidedignos relativos ao uso e consumo de energia. Os dados em causa são tratados e analisados de forma interpretativa, procedendo-se ao cálculo dos IDE e à sua comparação, ajustada, com os consumos e custos de referência. São elencadas e descritas as acções concretizadas no domínio da gestão da energia, assim como quaisquer alterações relevantes às condições de uso e consumo de energia. Neste contexto são tidos em consideração os resultados relativos aos exercícios de monitorização do desempenho energético dos USE assim como aqueles decorrentes de qualquer acção concretizada, nesse ano, no domínio da avaliação energética. São analisados e comentados os impactos (potenciais e medidos) decorrentes das medidas concretizadas e é apresentada uma análise conclusiva

sobre a evolução dos níveis de desempenho energético da instalação calculando-se, para o ano em causa, a poupança eventualmente gerada, em custos e consumos evitados. (Salema & Abreu, 2014)

### 5.3 Conclusões sobre o Caso de Estudo

Após analisar a informação obtida relativamente aos dados sobre consumos e desempenhos energéticos do Campus do LNEG, e após consultar os vários relatórios realizados pela equipa de gestão de energia com detalhes sobre a implementação do SGE no Campus, incluindo o Plano de M&V proposto para o mesmo, tiraram-se conclusões sobre o mesmo.

Vários dados relativos aos consumos, ou de outra informação necessária para o SGE são obtidos de forma manual e não automática, tornando o processo de cumprimento dos requisitos do SGE complicado. Entre os dados que são obtidos de forma manual e morosa encontram-se os seguintes:

- Dados sobre Consumos de Energia Eléctrica – obtidos com recurso a facturas e à telecontagem do fornecedor de energia eléctrica. Este processo de obtenção de dados depende da importação manual dos dados da telecontagem por parte do gestor de energia. É um processo não automatizado e pouco eficiente. Além disso, a telecontagem só está disponível no final do mês, pelo que é impossível tomar medidas em tempo útil quanto a possíveis desvios nos consumos típicos.
- Dados sobre Consumos de Energia Térmica – obtidos com recurso a facturas do fornecedor de gás, sendo feitas estimativas com base nas leituras feitas pelo responsável de manutenção no nível do depósito de gás. Este processo de obtenção de dados depende da disponibilidade do funcionário para a realização de leituras frequentes e tem associado erros relevantes, ampliados pela falta de leitura frequentes e pela ausência de processos de verificação/calibração dos resultados obtidos.
- Dados sobre a Temperatura Exterior e Graus-Dia de Aquecimento ou Arrefecimento – obtidos com recurso aos dados de uma estação meteorológica de terceiros, através de um *website*, sendo necessário importar manualmente os dados e utilizar folhas de cálculo para se calcularem os valores de temperatura média exterior. Posteriormente é realizado, também com recurso a folhas de cálculo, o cálculo dos GDAq e GDAr. Este processo de obtenção dos dados é bastante moroso, e no caso da Temperatura Exterior está totalmente dependente da existência de uma fonte de dados exterior, que a qualquer momento pode deixar de fornecer os dados. Assim conclui-se que não é possível controlar a qualidade e disponibilidade destes dados necessários à avaliação do desempenho.
- Dados sobre o Desempenho Energético dos USE – obtidos com recurso a medições pontuais realizadas por técnicos, utilizando equipamentos de medição que não realizam a integração dos dados de forma automática. Este processo de obtenção dos dados é realizado com recurso a técnicos e equipamentos da organização, pelo que o processo depende da disponibilidade dos mesmos. Como os dados não são integrados automaticamente é necessário utilizar folhas de cálculo para obter o desempenho energético dos USE e como as medições são realizadas pontualmente, não se obtém um perfil de consumo e desempenho ao longo do tempo. Todos estes detalhes limitam a capacidade de fazer uma correcta avaliação do desempenho energético dos USE.

Em função dos pontos críticos identificados e do conjunto de variáveis chave identificadas desenha-se/propõe-se/estabelece-se, no próximo capítulo as linhas gerais de um SMRE capaz de responder aos propósitos do plano de M&V estabelecido pela organização.





## 6. Proposta de SMRE a implementar (Caso de Estudo)

O Campus do LNEG de Alfragide está em processo de implementação de um SGE baseado na Norma NP EN ISO 50001 e, tal como referido anteriormente no capítulo 3.3, onde é focado a relação entre os SGE do tipo ISO 50001 e os SMRE, existem vantagens na instalação de um SMRE para apoiar a implementação do SGE.

Hoje em dia vários dados relativos aos consumos, ou de outra informação necessária para o SGE são obtidos de forma manual e não automática, tornando o processo de cumprimento dos requisitos do SGE complicado.

A implementação de um SMRE, desde que correspondendo às necessidades evidenciadas traria benefícios e facilitaria a gestão de energia. Assim sendo, é feito em seguida um processo de planeamento e projecto de um SMRE a implementar no Campus de Alfragide e a descrição do mesmo.

### 6.1 Processo de planeamento e projecto do SMRE

No capítulo 4 - Implementação de um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia – é feita a descrição dos passos a dar no planeamento de um SMRE. É com base nesse capítulo que é feito o projecto do SMRE.

#### 6.1.1 Determinar objectivos do SMRE

O **primeiro passo** é estabelecer objectivos para o SMRE, tal como descrito no capítulo 4.1.1. No caso do SMRE a implementar no Campus de Alfragide o objectivo principal é dar apoio à implementação da Norma ISO 50001 e como ferramenta de verificação e análise do desempenho energético. Assim, os objectivos do SMRE são na maioria os objectivos definidos na implementação do SGE.

Os requisitos definidos pela equipa de implementação do SGE no Campus de Alfragide são claros, tal como explicitado no Plano de M&V no capítulo 5.2. É necessário monitorizar os consumos, da instalação no geral, mensalmente e anualmente, dar resposta aos IDE's definidos (entre os quais a poupança de energia), monitorizar o desempenho energéticos dos USE (Caldeira de água quente e 2 *Chillers*), obter diagramas de carga e analisar os dados de forma interpretativa, por comparação com os dados respeitantes a períodos homólogos e a dados de referência.

#### 6.1.2 Determinar Indicadores de Desempenho Energético (IDE's)

O **segundo passo** a dar é a determinação de IDE's, tal como descrito no capítulo 4.1.2. O SMRE a implementar deve incidir na monitorização e reporte dos IDE's que foram definidos pela equipa de gestão de energia. Os IDE's foram abordados anteriormente no capítulo 5.1.4 e lá são descritos de forma detalhada.

#### 6.1.3 Determinar os Pontos de Medição

O **passo seguinte** a dar é a determinação dos Pontos de Medição, tal como descrito no capítulo 4.1.3. Para determinar a solução para como obter os dados devem-se considerar as seguintes questões:

- Qual/Quais – informação/dados devem ser recolhidos?
- Quão frequentemente – se devem recolher dados?
- Como – deve ser recolhida essa informação?
- Onde – devem ser recolhidos os dados?

#### Qual a informação a recolher? / Quais os dados necessários?

Os dados que o SMRE deve recolher são os seguintes:

- Consumo geral de energia eléctrica [kWh]
- Consumo de energia térmica [kWh]
- Graus-Dia de Aquecimento e Graus-Dia de Arrefecimento – que são calculados a partir da dos seguintes dados:
  - Temperatura exterior do edifício [°C]
  - Temperatura base para cálculo de GDAq e de GDAr [°C]
- Dias úteis
- Rendimento da Caldeira – que é calculado a partir da obtenção dos seguintes dados:
  - Energia fornecida pelo combustível [kWh]
  - Energia útil fornecida pela caldeira [kWh]
- COP do *Chiller* – que é calculado a partir dos seguintes dados:
  - Consumo eléctrico do *Chiller* [kWh]
  - Produção de frio do *Chiller* [kWh]
- Área do Edifício em utilização [m<sup>2</sup>]
- Ocupantes do Edifício [nº de pessoas]
- Emissão de GEE [ton CO<sub>2</sub> equivalente] – que é calculado a partir do consumo de energia e dos factores de conversão para cada uma das fontes energéticas.

### Qual a frequência de recolha de dados?

Para cada um dos pontos definidos anteriormente define-se a frequência de recolha da dados necessária:

- Consumo geral de energia eléctrica – face os IDE's definidos é necessário saber o consumo numa base mensal e também anual. Mas tendo em conta que nos IDE's definidos (consumo por GDAq e consumo por GDAr) consumo com os GDAq e de GDAr são relativos apenas a dias úteis, é então necessário obter dados de consumo de energia eléctrica numa **base diária**. No Plano de M&V (capítulo 5.2) é referida a necessidade de avaliação do desempenho energético por análise comparativa de diagramas de carga com período de integração de dados de 15 minutos em períodos homólogos, pelo que o SMRE deve realizar medições e disponibilizar diagramas de carga integrados com **base de 15 minutos**.
- Consumo de energia térmica - face os IDE's definidos é necessário saber o consumo numa base mensal. Mas tendo em conta que o IDE's em que se compara do consumo com os GDAq é relativo apenas a dias úteis, é então necessário obter dados de consumo de energia térmica numa **base diária**. Dependendo das tecnologias disponíveis e face aos objectivos definidos para o SMRE seria interessante a possibilidade de obter diagramas de consumo diários com **base de 15 minutos** para comparação entre períodos homólogos.
- Graus-Dia de Aquecimento e Graus-Dia de Arrefecimento – que são calculados a partir da dos seguintes dados:
  - Temperatura exterior do edifício [°C] – para se obterem os GDAq e GDAr diários é necessário obter dados de temperatura exterior do edifício numa base diária. Pode ser uma média calculada com base na temperatura máxima e mínima diária, mas o método mais eficaz e correcto é a **integração diária** das temperatura ao longo do dia para obtenção do valor médio.

- Temperatura base para cálculo de GDAq e de GDAr [°C] - estes dados são estáticos pelo que não tem frequência de recolha, mas deve-se garantir a possibilidade de se alterar o mesmo por parte do operador.
- Dias úteis – este dado é estático pelo que não tem frequência de recolha, mas deve-se garantir a possibilidade de intervenção do operador na escolha dos mesmos.
- Rendimento da Caldeira:
  - Energia fornecida pelo combustível - não é determinado pelo SGE qual a frequência necessária para este campo, mas sugere-se a possibilidade de criação de diagramas de carga com integração com **base de 15 minutos**. Sugere-se ainda a possibilidade de criação de alertas caso o rendimento desça abaixo de um valor definido.
  - Energia útil fornecida pela caldeira – não é determinado pelo SGE qual a frequência necessária para este campo, mas sugere-se a possibilidade de criação de diagramas de carga com integração com **base de 15 minutos**. Sugere-se ainda a possibilidade de criação de alertas caso o COP desça abaixo de um valor definido.
- COP do *Chiller*:
  - Consumo eléctrico do *Chiller* - não é determinado pelo SGE qual a frequência necessária para este campo, mas sugere-se a possibilidade de criação de diagramas de carga com integração com **base de 15 minutos**. Sugere-se ainda a possibilidade de criação de alertas caso o COP desça abaixo de um valor definido.
  - Produção de frio do *Chiller* - não é determinado pelo SGE qual a frequência necessária para este campo, mas sugere-se a possibilidade de criação de diagramas de carga com integração com **base de 15 minutos**. Sugere-se ainda a possibilidade de criação de alertas caso o rendimento desça abaixo de um valor definido.
- Área do Edifício em utilização – face ao IDE's definido a frequência de obtenção deste dado é **anual**. Sugere-se que no entanto haja possibilidade de alterar este parâmetro livremente.
- Ocupantes do Edifício – face ao IDE's definido a frequência de obtenção deste dado é **anual**. Sugere-se que no entanto haja possibilidade de alterar este parâmetro livremente.
- Emissão de GEE – deve ser calculado com uma **base anual**.

### Como se deve recolher a informação?

- Consumo geral de energia eléctrica – os dados relativos ao consumo de energia eléctrica devem ser obtidos **através de um contador de energia eléctrica** que de forma automática deve enviar a informação através de comunicação em rede para uma base de dados, na qual os dados sejam acessíveis para visualização frequente e onde se dê o processo de análise e reporte dos dados.
- Consumo de energia térmica - os dados relativos ao consumo de energia térmica devem ser obtidos **através de um contador de gás**. Este contador pode ser de vários tipos, tal como os referidos no capítulo 0. O consumo de energia térmica pode ser obtido através do consumo de gás em kg ou m<sup>3</sup> e posterior conversão para kWh através dos factores de conversão (introduzidos por um utilizador), ou o próprio contador pode realizar o cálculo da energia contida por massa ou volume de gás. Tal como o contador de energia eléctrica, este contador deve enviar a informação, através de comunicação em rede, para uma base de dados, na qual os dados sejam acessíveis para visualização e onde se dê o processo de análise e reporte dos dados.
- Graus-Dia de Aquecimento e Graus-Dia de Arrefecimento:

- Temperatura exterior do edifício – deve ser obtida **através de um sensor de temperatura exterior** que exporte os dados para a base de dados para análise dos mesmos.
  - Temperatura base para cálculo de GDAq e de GDAr – este dado **deve ser introduzido pelo operador**, mas dependendo da tecnologia disponível o software poderá ter a capacidade de realizar a identificação deste dado.
- Dias úteis - estes dados deve ser **recolhidos pelo software** de análise de dados do SMRE e integrados de forma automática na análise de dados, mas deve-se salvaguardar a possibilidade de intervenção do operador neste dado.
- Rendimento da Caldeira:
  - Energia fornecida pelo combustível – deve ser obtido por um **contador de gás** tal como o contador que deverá ser utilizado para a medição de gás geral do edifício.
  - Energia útil fornecida pela Caldeira – deve ser obtido por um **contador de entalpia**.
- COP do *Chiller*:
  - Consumo eléctrico do *Chiller* – deve ser obtido por um contador de energia eléctrica tal como o utilizado para a medição de energia eléctrica geral do edifício.
  - Produção de frio do *Chiller* - deve ser obtido por um **contador de entalpia**.
- Área do Edifício em utilização [m<sup>2</sup>] – este dado deve ser **introduzido pelo operador**.
- Ocupantes do Edifício [nº de pessoas] – este dado pode ser **introduzido pelo operador**. Dependendo da tecnologia disponível poderá ser importado pelo software através do sistema de entradas no edifício.
- Emissão de GEE – este dado é calculado com recurso ao consumo energético anual e aos factores de emissão para cada fonte de energia. Os factores de emissão devem ser **introduzidos pelo utilizador**.

### Onde deve ser o ponto de medida?

- Consumo geral de energia eléctrica – o contador de energia eléctrica deve ser instalado **no Quadro Geral de Distribuição**.
- Consumo de energia térmica – o contador de gás deve ser instalado **no ponto de entrada de gás no edifício**.
- Graus-Dia de Aquecimento e Graus-Dia de Arrefecimento – para o qual se necessita de:
  - Temperatura exterior do edifício – deve-se instalar o sensor de temperatura **no exterior do edifício** num local sombreado ao longo de todo o dia e de todo o ano. A “varanda” coberta existente na entrada do edifício principal, com orientação norte é um local ideal para a instalação do sensor.
- Rendimento da Caldeira – que é calculado a partir da obtenção dos seguintes dados:
  - Energia fornecida pelo combustível – o contador de gás deve ser instalado **antes da entrada de gás da Caldeira**.
  - Energia útil fornecida pela Caldeira – o contador de entalpia deve ser instalado de forma a obter o caudal de água que entra na caldeira e a diferença entre a temperatura de entrada e de saída. Para isso é necessário colocar um sensor de temperatura **na tubagem de entrada da caldeira** e um sensor **na tubagem de saída de água da caldeira**.
- COP do *Chiller* – que é calculado a partir dos seguintes dados:

- Consumo eléctrico do *Chiller* – uma vez que existem dois *Chillers* no edifício, e que cada um tem a sua alimentação eléctrica proveniente de um quadro eléctrico existente no 4º piso do edifício é necessário instalar dois contadores de energia eléctrica, um para cada *Chiller*. Assim os contadores **deverão ser instalados no Quadro Eléctrico do Piso 4.**
- Produção de frio do *Chiller* – tal como na medição da energia térmica produzida pela caldeira, o contador de entalpia deve ser instalado de forma a obter o caudal de água que entra nos *Chiller* e a diferença entre a temperatura de entrada e de saída. Para isso é necessário colocar **um sensor de temperatura na tubagem de entrada da caldeira e um sensor na tubagem de saída de água dos *Chiller*.** Uma vez que existem dois *Chillers* a monitorizar, são necessários dois contadores de entalpia, um para cada um dos *Chillers*.

## 6.2 Componentes do SMRE

Na sequência da determinação dos Pontos de Medição, realizou-se uma visita ao Campus de Alfragide no sentido de identificar na prática as necessidades técnicas do SMRE. Os vários componentes do mesmo são identificados nos próximos pontos.

### 6.2.1 Contadores e Sensores (*Hardware*)

Na visita técnica ao Campus de Alfragide foram efectuadas, entre outras, medições de diâmetros de tubagens, identificação de caudais e temperaturas mínimas e máximas de água utilizada para climatização, e identificação de dimensões de barramentos nos quadros eléctricos. Estes dados são necessários para a selecção dos equipamentos de medição do SMRE. Utilizando esta informação e a informação relativa à identificação dos Pontos de Medição, seleccionou-se e lista-se, em baixo, os contadores e sensores necessário para o SMRE a instalar e as suas especificações técnicas:

#### Contador de Energia Eléctrica para o QGD (Quadro Geral de Distribuição)

O contador escolhido para o QGD é a PM3255 fornecido pela Schneider Electric. Este contador é um Power Meter, e tem capacidade de medir, em tempo real, valores rms para todas as 3 fases e neutro de várias características, entre as quais as seguintes: (Schneider Electric)

Tabela 8 – Características de medição em tempo real do contador de energia eléctrica

Característica	Unidade	Descrição
Corrente	A	Por fase, neutro, média das 3 fases
Tensão	V	Entre fases, fase-neutro, média das 3 fases
Frequência	Hz	Entre 40 e 70 Hz
Potência Activa	W	Total e por fase
Potência Reactiva	VAR	Total e por fase
Potência Aparente	VA	Total e por fase
Factor de Potência	-1 a 1	Total e por fase
Tangente de phi	0-1	Total
Current unbalance		Por fase, pior das 3 fases
Voltage unbalance		Entre fases, pior das 3 fases e linha-neutro, pior das 3 fases

O contador escolhido mede e guarda também valores máximos e mínimos dos seguintes dados:

Tabela 9 – Valores mínimos e máximos medidos pelo contador

Característica	Unidade	Descrição
Corrente	A	Por fase, neutro, média das 3 fases
Tensão	V	Entre fases, fase-neutro, média das 3 fases
Frequência	Hz	
Potência Activa	W	Total e por fase
Potência Reactiva	VAR	Total e por fase

Potência Aparente	VA	Total e por fase
Factor de Potência	-1 a 1	Total e por fase
Tangente de $\phi$	0-1	Total
THD (Total Harmonic Distortion) da Corrente	%	Por fase, neutro e pior das 3 fases
THD (Total Harmonic Distortion) da Tensão	%	Entre fases, neutro-fase

O contador escolhido mede e guarda também valores os seguintes dados de energia: (por importação e exportação entende-se a possibilidade de identificar fluxos de energia nos dois sentidos)

Tabela 10 – Medição de energia pelo contador

Característica	Unidade	Descrição
Energia Activa (Importação e Exportação)	Wh	Total e por fase (importação), total (exportação)
Energia Reactiva (Importação e Exportação)	VARh	Total e por fase (importação), total (exportação)
Energia Aparente (Importação e Exportação)	VAh	Total e por fase (importação), total (exportação)

Os vários dados monitorizados pelos contadores escolhidos são visualizáveis no próprio contador, mas também passíveis de transmissão através de uma rede de comunicação, com visualização e análise no *software* do SMRE.

### Transformadores de Corrente (TC) associados ao contador do QGD

Os transformadores de corrente escolhidos para utilizar no QGD são de calibre de 1250A no primário e 5A no secundário. Estes foram escolhidos após vistoria aos circuitos do QGD e verificação do calibre das barras de alimentação do mesmo. O contador escolhido está preparado para receber corrente com uma relação de transformação para 5A no secundário. Uma vez que o edifício é antigo, deve-se ponderar a utilização de TC's com núcleo aberto, do tipo dos apresentados na Figura 28. A escolha do tipo de TC a utilizar deve ter em conta o custo extra associado aos TC's de núcleo aberto. Apenas após uma consulta do mercado se poderá avaliar qual a melhor opção.

### Contadores de Energia Eléctrica para os *Chillers* – dois contadores, um para cada *Chiller*

Os contadores escolhidos para a medição de energia eléctrica consumida pelos *Chillers* são os mesmos escolhidos para o QGD, e com as mesmas especificações técnicas, a PM3255. Um contador deste tipo, fornecido pela Schneider Electric foi já instalado no decurso da realização deste trabalho. Este encontra-se a medir consumos de um dos *Chillers*, pelo que será necessário instalar outro nos circuitos do outro *Chiller*.

### Transformadores de Corrente (TC) associados aos contadores dos *Chillers*

O factor de transformação dos TC a utilizar para a medição de energia eléctrica no QGD é de 600A no primário para 5A no secundário. Este factor de transformação foi identificado após vistoria aos circuitos do Quadro eléctrico do Piso 4, onde se encontram os disjuntores dos *Chillers* e verificação do calibre das barras de alimentação dos mesmos. Uma vez que o edifício é antigo, deve-se ponderar a utilização de TC's com núcleo aberto, do tipo dos apresentados na Figura 28. A escolha do tipo de TC a utilizar deve ter em conta o custo extra associado aos TC's de núcleo aberto. Apenas após uma consulta do mercado se poderá avaliar qual a melhor opção.

### Contador de Gás para o abastecimento de gás na Caldeira

Existe já um contador de gás para o abastecimento de gás na caldeira. Este contador foi instalado recentemente e tem capacidade de exportar dados de consumos de gás, em  $m^3$ , através de impulsos, pelo que é facilmente integrável no SMRE a instalar. A transformação de  $m^3$  para kWh poderá ser feita no *software* do SMRE multiplicando  $m^3$  pelo PCI do gás propano fornecido. O contador instalado é da marca Itrón, modelo ACD-G16C. Este contador é adequado para caudais entre  $0,16m^3/h$  até  $25m^3/h$  e tem um erro máximo de 1,5%. É um contador de diafragma, da tecnologia de deslocamento positivo descrita no capítulo 0. A escolha desta tecnologia e deste contador baseou-se principalmente

no caudal previsto de consumo de gás, no baixo preço desta tecnologia, e na disponibilidade no mercado.

### **Contador de Gás para o abastecimento geral de gás propano ao edifício**

O contador de gás escolhido para o abastecimento geral de gás propano no edifício é semelhante ao contador já instalado para medição dos consumos de gás da caldeira. O contador é do mesmo tipo já que se encontra na mesma gama de consumos que o da caldeira, uma vez que os consumos de gás que não os consumos da caldeira são bastante pequenos e pouco significativos.

### **Sensor de Temperatura Exterior**

O sensor de temperatura exterior seleccionado é um sensor com sinal de saída 0-10V.

### **Contadores de Entalpia para os *Chillers* – dois contadores, uma para cada *Chiller***

Para a selecção do contador de entalpia para os *Chillers* foram realizadas medições e obtiveram-se as seguintes características:

Diâmetro exterior: 14cm – Diâmetro interior 5 polegadas (5’')

Caudal mínimo: 33m<sup>3</sup>/h

Caudal máximo: 80m<sup>3</sup>/h

Temperatura máxima da água de entrada no *Chiller*: 35°C

Temperatura mínima da água de saída no *Chiller*: 10°C

Os contadores de entalpia escolhidos para os *Chillers* são específicos para circuitos de frio (*Chiller*), modelo MCFBCLFRBM000, equipados com carta *Modbus* modelo *Mamodbase*.

### **Contador de Entalpia para a Caldeira**

Para a selecção do contador de entalpia para a Caldeira foram realizadas medições e obtiveram-se as seguintes características:

Diâmetro exterior: 9cm – Diâmetro interior 4 polegadas (4’')

Caudal mínimo:

Caudal máximo: 70m<sup>3</sup>/h

Temperatura mínima da água de entrada na Caldeira: 30°C

Temperatura máxima da água de saída na Caldeira: 90°C

O contador de entalpia escolhido para a Caldeira é específico para circuitos de quente (Caldeira), modelo MHFBCLFRBM000, equipados com carta *Modbus* modelo *Mamodbase*.

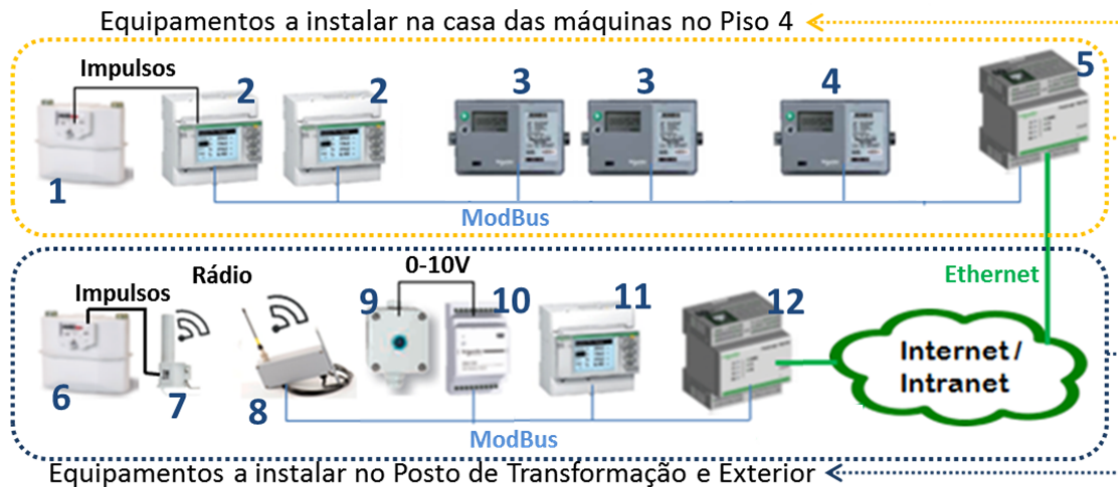
## **6.2.2 Sistema de Aquisição de Dados, Gateway e Serviço de Comunicação (*Hardware*)**

Os contadores e sensores utilizados devem estar ligados a um sistema de comunicação, para que o mesmo possa fazer a recolha de dados de forma automática, de forma a enviar os dados para uma base de dados remota, onde os dados serão processados e analisados. As tecnologias referidas e escolhidas para o SMRE a implementar foram abordadas no capítulo 4.3.2.

Os equipamentos de medição escolhidos para implementação no Campus do LNEG de Alfragide comunicam via ModBus e enviam os dados para uma *gateway* ligada à rede LAN do edifício através de um cabo de rede Ethernet RJ45. Esta ligação à rede local possibilita a ligação à internet para que os dados sejam exportados para uma base de dados remota.

A *gateway* escolhida é fornecida pela Schneider Electric Portugal e é o modelo EGX300. Uma *gateway* deste modelo está já instalada no Posto de Transformação, no âmbito de um sistema prévio de monitorização de consumos instalado durante a realização desta dissertação, pelo que os equipamentos de medição instalados no PT transmitem os dados para esta *gateway*. Será necessário instalar outra *gateway* EGX300 no Piso 4, onde se encontram os outros equipamentos de medição.

O esquema de ligação dos vários contadores e componentes do sistema é o que se apresenta em baixo, na Figura 37.



Legenda:

- 1- Contador de gás para medição dos consumos de gás da caldeira
- 2- Contadores de energia eléctrica para medição dos consumos dos Chillers
- 3- Contadores de entalpia para medição de produção de frio dos Chillers
- 4- Contador de entalpia para medição da energia útil produzida na Caldeira
- 5- Gateway de Comunicação
- 6- Contador de gás para medição dos consumos gerais de gás
- 7- Receptor de impulsos e emissor de rádio
- 8- Receptor de sinal de rádio e conversor para ModBus
- 9- Sensor de Temperatura Exterior
- 10- Concentrador de sinal analógicos 0-10V
- 11- Contador de energia eléctrica para medição dos consumos gerais de energia eléctrica
- 12- Gateway de Comunicação

Figura 37 – Esquema de comunicação dos vários contadores (Adaptado de Schneider Electric)

Os contadores de energia eléctrica comunicam via ModBus para a *gateway*. Um destes contadores a instalar localiza-se no Posto de Transformação está instalada uma *gateway*. Os outros dois encontram-se na casa das máquinas no Piso 4, onde se irá instalar uma outra *gateway*.

O sensor de temperatura externa escolhido exporta dados através de uma saída analógica 0-10V. Os contadores de energia eléctrica escolhidos têm capacidade de importar estes dados analógicos, pelo que o sensor de temperatura fica ligado a um dos contadores de energia eléctrica.

O contador de gás já instalado para monitorização dos consumos da caldeira, e o que se prevê instalar para monitorização dos consumos gerais de gás, têm comunicação por impulsos, pelo que podem ser ligados a um dos *Power Meters* 3255, já que estes têm entradas digitais para impulsos. A ligação do contador que existe junto da caldeira é simples já que está perto (a cerca de 4 metros) dos contadores eléctricos para monitorização dos consumos dos *Chiller*, bastando assim estender um cabo duplo entre o contador de gás e o PM3255.

O contador de gás a instalar para monitorização dos consumos gerais tem uma localização mais afastada dos locais onde se encontram os contadores eléctricos. O local previsto para a instalação do contador de gás é o ponto de entrada de gás no edifício. O local mais perto deste ponto onde se encontram contadores de energia eléctrica com capacidade para receber os dados é no Posto de



Transformação. Para evitar uma despesa em cabos entre o PT e o contador de gás a instalar, e para evitar o transtorno de realizar toda essa instalação, sugere-se o envio dos dados do contador de gás através de comunicação sem fios. A solução mais viável e fiável para a distância em causa é a solução de transmissão de dados através de ondas rádio. Assim dever-se-á instalar um Emissor de Rádio junto ao contador de gás geral e um Receptor de Rádio no PT, ligado via ModBus à EGX300 aí instalada.

Os contadores de entalpia escolhidos têm comunicação via ModBus e encontram-se todos localizados na casa das máquinas, localizada no Piso 4, perto dos dois contadores de energia eléctrica PM3255 utilizados para monitorização dos *Chillers*. Assim, a comunicação será feita via ModBus, passando um cabo duplo, a repicar nos vários pontos de recolha de dados, desde o primeiro contador de entalpia da caldeira, passando pelos dois contadores de entalpia dos *Chillers*, até um dos PM3255, e finalmente até à *gateway* a instalar no Piso 4. A *gateway* é ligada à rede local por um cabo de rede *Ethernet* RJ45 e os dados são exportados para a internet/base de dados remota. Os dados podem também ser exportados para a internet utilizando um modem GSM/GPRS, mas uma vez que existe uma rede local com acesso à internet, não existe necessidade de utilizar esta solução.

Os equipamentos necessários para a ligação em rede dos vários contadores e sensores são os seguintes:

- 2 *Gateway* Schneider Electric EGX300
- 1 Emissor Rádio para recepção de impulsos do contador de gás geral
- 1 Receptor Rádio/Modbus para recepção dos impulsos do contador de gás
- Cabo duplo ModBus
- Cabo duplo para impulsos
- Cabo duplo para dados analógicos

### 6.2.3 Base de Dados Remota e *Software* de visualização e análise de dados

Os dados são exportados para uma base de dados remota localizada na nuvem, pelo que os dados são acessíveis a partir de qualquer interface com ligação à *internet*.

Este sistema tem como vantagem a facilidade de acesso aos dados a partir de qualquer ponto do globo, assim como a não necessidade de instalação de um *software* dedicado para o efeito de visualização dos dados. Estas características tornam fácil o acesso aos dados, ao desempenho da organização e à visualização das melhorias obtidas por parte de qualquer colaborador, ou parte interessada, à qual seja dado o acesso a este serviço.

O *software* de visualização e análise dos dados deverá ter características próprias bastante específicas, algumas que hoje em dia não se encontram facilmente no mercado. As características principais que se recomenda são as seguintes:

- Possibilidade de visualização dos dados em base de 15 minutos, diária, mensal, anual, etc. Ou seja, o utilizador deverá ter a possibilidade de escolher o intervalo.
- Análise dos dados e visualização gráfica e em tabelas dos parâmetros definidos para IDE e USE (também disponível nos vários intervalos):
  - kWh eléctrico / GDAr
  - kWh eléctrico / GDAq
  - kWh térmico / GDAq
  - kWh eléctrico e/ou térmico / m<sup>2</sup>
  - kWh eléctrico e/ou térmico / ocupante
  - COP do *Chiller*

- Rendimento da Caldeira
- Além dos parâmetros acima sugere-se a possibilidade de visualização gráfica de outros parâmetros, entre os quais:
  - Potência eléctrica instantânea
  - Potência eléctrica máxima no período definido pelo utilizador (Potência nas horas de pico)
  - Energia Reactiva Consumida (por classe tarifária)
  - Energia Reactiva Fornecida (por classe tarifária)
- Face aos vários IDE's definidos, desempenho dos USE, e parâmetros monitorizados, deve existir a possibilidade de serem criados alertas pelo sistema quando o parâmetro em causa ultrapasse um limite definido pelo utilizador (seja por excesso ou por defeito, dependendo do parâmetro). Estes alertas deverão surgir no *software* de visualização e recomenda-se a possibilidade de envio de *email* ou SMS ao gestor de energia.
- O software em causa deverá também ter a possibilidade de gerar facturas virtuais face aos consumos efectuados.
- O software deve também, de forma automática, ou a pedido do utilizador, contabilizar as variações do desempenho energético em relação a períodos homólogos (ou outros períodos definidos pelo operador, como um período de referência) e gerar de forma automática relatórios que sejam de fácil compreensão e utilização para o cumprimento dos requisitos da Norma ISO 50001. Ou seja, o software deve ter a capacidade de comparar o consumo energético do período que se está a avaliar e o período homólogo ou de referência, e de forma automática gerar um relatório com as poupanças energéticas obtidas (ou aumento, ou manutenção do desempenho). No relatório deve também ser contabilizada a emissão de GEE e respectiva alteração.

### 6.3 Análise Técnico-Financeira

A implementação de um SMRE, com as funcionalidades de monitorização e análise de dados relativos a consumos de energia, e com capacidade de quantificação de poupanças, seguimento do desempenho energético e de outras informações úteis à gestão de energia, é bastante benéfica para a gestão de energia de uma organização. No que toca ao Campus do LNEG, o SMRE a implementar, desde que garanta a possibilidade de seguir o desempenho energético e reportar sobre o mesmo de forma autónoma, traz bastantes vantagens à gestão de energia do Campus do LNEG. Um SMRE como o sugerido facilita o processo de gestão de energia e facilita o cumprimento de um SGE do tipo ISO 50001.

No sentido de realizar uma avaliação do custo/benefício obtido pelo SMRE em causa pediu-se um orçamento para um sistema do tipo do que foi projectado. O SMRE a instalar tem um custo total com equipamento, instalação e configuração inicial (preço chave na mão) da ordem dos 10 000€ Este preço foi obtido pela consulta de uma empresa fornecedora deste tipo de sistemas. A acrescentar a este preço existe um valor anual de 500€ relativo ao serviço de monitorização e gestão remota (*online*) de energia oferecido pela empresa fornecedora dos equipamentos.

Considerando que a implementação do SMRE poupa em média 2 dias de trabalho mensal ao gestor de energia, temos uma poupança de perto de 200 horas de trabalho. Considerando que o trabalho do gestor de energia é remunerado a 10€/por hora temos uma poupança anual de 2000€

Os SMRE como o que se pretende implementar têm a capacidade de emitir alertas quando o desempenho energético se desvia do que é esperado. Assim, uma vez que alertam em tempo útil os utilizadores para o desvio no desempenho energético, é possível tomar medidas de correcção desses desvios.

Os custos energéticos do Campus do LNEG foram em 2012 de cerca de 130 000€ (perto de 105 000€ em energia eléctrica e 25 000€ em gás propano). Considerando que o SMRE é capaz de identificar desvios no desempenho energético, e alertar os utilizadores para os mesmos, e que as correcções atempadas baseadas nos alertas gerados podem levar a 2% de poupanças com os custos de energia, então temos uma poupança anual de 2 600€

Com base nos valores referidos acima foram realizadas duas análises financeiras, para dois cenários:

- Cenário 1: considerando apenas a poupança obtida em horas de trabalho do gestor de energia;
- Cenário 2: considerando também redução de custos com energia de 2%, imputável à capacidade do SMRE de identificar desvios no desempenho energético.

As análises financeiras foram realizada para uma perspectiva de 15 anos, ainda que os equipamentos a instalar possam ter um tempo médio de vida superior.

Foi considerada uma Taxa de Actualização de 5%.

Na Tabela 11 temos os vários indicadores financeiros do projecto para os dois cenários.

Tabela 11 – Análises financeiras

Investimento	Custo Anual	Poupança Anual	TIR	VAL	PRI
10,000.00 €	500.00 €	2,000.00 €	7.05%	5,569.49 €	6.7 anos
10,000.00 €	500.00 €	4,600.00 €	34.05%	32,556.60 €	2.5 anos

O cenário 1 tem um Valor Actual Líquido (VAL) de 5 569.49€, uma Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) de 7.05%, e um Período de Retorno de Investimento (PRI) de cerca de 6.7 anos.

O cenário 2 tem um VAL de 32 556.60€, uma TIR de 34.05% e um PRI de cerca de 2.5 anos.

Na Figura 38 temos os *Cashflows* actualizados e acumulados do projecto.

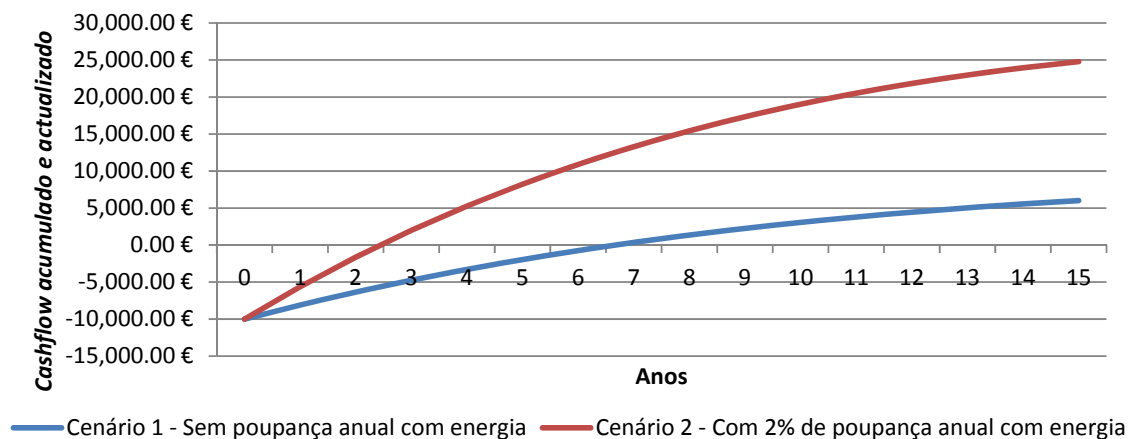


Figura 38 – *Cashflow* do investimento num SMRE considerando as poupanças de recursos e pessoal

Considerando os indicadores obtidos temos que em ambos os cenários existe viabilidade financeira para o projecto. Ambos os cenários apresentam VAL positiva para o período considerado para o projecto de 15 anos. Os dois têm também uma TIR superior à Taxa de Actualização considerada.

Face ao PRI obtido, para o cenário 1 temos um Período de Retorno de Investimento de cerca de 6.7 anos. Este valor não é considerado baixo para a maioria dos projectos de eficiência energética, mas, tendo em conta que o SMRE oferece outras funcionalidades, e que pode funcionar (desde que

preparado para tal) como ferramenta de quantificação de poupanças energéticas, considera-se que a implementação de um SMRE deve fazer parte de projectos de eficiência energética.

Relativamente às capacidades técnicas do sistema proposto pela empresa a que foi pedido o orçamento, verificou-se que o mesmo tem a capacidade de obter de forma automática todos os dados necessários e determinados no SGE. Os equipamentos a instalar são ainda capazes de obter dados técnicos úteis à verificação da qualidade de energia, como o Factor de Potência, Energia Reactiva e *Total Harmonic Distortion*, entre outros, que não sendo requisitos explícitos do SGE, são úteis para a gestão de energia. Este tipo de informação é principalmente obtida pelos equipamentos de monitorização de energia eléctrica, sendo que, os equipamentos seleccionados e propostos pela empresa fornecedora do SMRE são do tipo *Power Meter*, tendo portanto, tal como referido durante a revisão bibliográfica, capacidade de obtenção de dados de potência instantânea real, aparente e reactiva.

Verificou-se também que o SMRE tem a capacidade necessária de integrar os vários tipos de dados necessários para o SGE (energia eléctrica em kWh, energia térmica calculada com volume de gás propano em m<sup>3</sup> e um factor de conversão para kWh, temperatura exterior em °C, etc.). Os dados necessários são provenientes de vários tipos de contadores, alguns já existentes e implementados no edifício, e o sistema proposto tem a capacidade de fazer a recepção e aquisição dos vários tipos de dados com diferentes modelos de comunicação. O sistema proposto é também capaz de exportar os dados para uma base de dados externa ou interna, para posterior análise dos mesmos.

Verificou-se que o sistema é flexível relativamente à possibilidade de crescimento, podendo no futuro ser integrados outros pontos de contagem no mesmo.

Quanto à ferramenta computacional de análise dos dados proposta, esta tem capacidade de criação de diversos *dashboards* para visualização e análise dos dados pretendidos. É possível integrar alguns dos IDE's pretendidos pelo SGE, tais como a rendimento / COP dos USE, pela criação de algoritmos e contadores virtuais. Verificou-se no entanto durante o teste da ferramenta que a mesma é algo limitada relativamente à capacidade de integrar os IDE's dependentes dos Graus-Dia de Aquecimento ou Arrefecimento. Esta funcionalidade é possível, mas é pouco flexível, não dando azo à definição dos GDAq e GDAr, utilizando dados de temperatura que não a monitorizada pelo sensor de temperatura externa instalado.

A ferramenta computacional tem ainda outras funcionalidades, tais como:

- Criação de alertas relativos ao consumo de energia;
- Simulação da factura de energia eléctrica com dados dos vários fornecedores de energia e potenciais poupanças económicas associadas à alteração para outro fornecedor ou contrato de energia;
- Visualização do consumo por diferentes períodos de facturação definidos pelo tipo de contrato (horas de ponta, cheia, vazio e super-vazio);
- *Benchmarking* contra outros edifícios do cliente ou valores de referência;
- Cálculo dos GEE associados ao consumo energético da organização;
- Criação de relatórios relativamente aos vários dados monitorizados e envio automático dos mesmos com frequência definida pelo utilizador.

O SMRE proposto pela empresa a que se fez o pedido de orçamento preenche quase todos os requisitos definidos e acrescenta algumas funcionalidades. No entanto, o sistema proposto foca-se principalmente na monitorização de consumos energéticos, sendo difícil estabelecer análises automáticas com base nos IDE's definidos para o SMRE. Esta dificuldade prende-se principalmente com a pouca flexibilidade do sistema no que toca à definição de IDE's baseados nos GDAq e GDAr.

## 7. Análise crítica

A implementação de Sistemas de Gestão de Energia como o preconizado pela Norma ISO 50001 pode trazer bastantes benefícios às organizações. Variadas fontes referem os benefícios que a implementação da ISO 50001 poderá ter no desempenho energético das organizações, começando pelo maior consciencialização por parte da gestão e dos vários funcionários das organizações para a necessidade de reduzir consumos e aumentar a eficiência energética. A certificação de uma organização com a Norma ISO 50001 é uma vantagem que a mesma terá sobre os seus competidores, tornando-se aos olhos dos consumidores e parceiros uma empresa líder na gestão de energia. A pesquisa realizada pelo autor releva ainda que os Sistemas de Gestão de Energia como o preconizado pela Norma ISO 50001 têm alternativas viáveis. Existem SGE como o *Energy Star* que contém sugestões e requisitos semelhantes aos da Norma ISO 50001. A decisão sobre qual o modelo a utilizar depende portanto dos decisores das organizações, e dos seus interesses e necessidades, sendo que para a correcta gestão de energia deverá por sempre em primeiro lugar a avaliação do desempenho energético das organizações.

A implementação de SGE pode e deve ser integrada e relacionada com os vários requisitos que as organizações devem cumprir a nível legislativo. No sentido de facilitar tanto o processo de gestão de energia, como o cumprimentos dos Regulamentos Nacionais, devem ser criadas relações entre estes dois pontos. Num edifício que seja alvo de uma avaliação energética no sentido de obter um certificado energético do SCE pode-se, e deve-se utilizar os outputs obtidos durante a avaliação como inputs para o SGE implementado.

No sentido de facilitar a implementação de um SGE sugere-se a implementação de um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia. A instalação de um sistema de monitorização comum, que dê acesso aos consumos da organização, com capacidade de visualização dos consumos de energia, por si só, é uma grande vantagem para a organização. Um sistema de monitorização cria uma maior facilidade de acesso aos consumos, já que a organização deixa de estar dependente das facturas do fornecedor de energia. Um sistema de monitorização oferece normalmente a possibilidade de exportar dados e analisar os mesmos posteriormente e gera quase sempre uma maior abertura e interesse, por parte dos funcionários e gestão da organização, pela questão da eficiência energética. Mas apesar das vantagens que qualquer sistema de monitorização oferece às organizações, muitos destes sistemas não estão preparados para responder às necessidades específicas de gestão de energia de cada organização. Um sistema de monitorização simples, por si só, não possibilita a capacidade de gerir da melhor forma os consumos energéticos. É necessário não apenas medir, mas também, analisar os consumos de energia. Assim, é necessário enquadrar os dados obtidos pelo sistema de monitorização num processo alargado de gestão. Não basta acumular dados ao longo do tempo se estes não forem analisados e comparados, e tiradas as devidas conclusões. É necessário determinar Indicadores de Desempenho Energético e avaliar o desempenho da organização com base nos mesmos.

A implementação de um SMRE como o projectado para o Caso de Estudo é uma mais valia para a organização. Se o SMRE respeitar os vários pontos de projecto definidos no capítulo 0 torna-se numa ferramenta que facilita bastante a gestão de energia da organização. Para que o SMRE tenha uma aplicação adequada às necessidades da organização devem ser seguidas, durante a fase de projecto do mesmo, as indicações definidas no capítulo 4 deste trabalho. Deve-se ter em conta o SGE e as necessidades de M&V determinadas para a organização. É importante não cair no erro de querer monitorizar mais dados do que os que são realmente necessários para a avaliação do desempenho energético. Pela experiência obtida pelo autor durante a realização deste trabalho a implementação de um sistema que monitorize dados desnecessários pode dificultar o processo de análise e reporte. Deve-se assegurar que todos os dados monitorizados são analisados e comparados com vista à avaliação do desempenho energético, e não acumular grandes quantidades de dados sem nunca serem analisados e tiradas as devidas conclusões.

No que toca às capacidades de medição, comunicação e exportação de dados, as ferramentas existentes são bastante eficazes. As tecnologias existentes hoje em dia são aplicadas ao serviço dos SMRE com bastante sucesso. A maioria dos equipamentos de medição e comunicação exportam os dados através protocolos conhecidos e abertos à comunidade. O autor considera que, no em relação à medição e

comunicação, os equipamentos existentes já têm as características necessárias para que os SMRE se tornem ferramentas muito importantes na gestão de energia.

Com a experiência obtida durante a realização deste trabalho, seja através de consulta bibliográfica, ou através de experiência prática com ferramentas de monitorização de consumos, o autor considera que muitos dos SMRE existentes hoje dia não estão ainda totalmente direccionados no sentido de analisarem os dados, e estão principalmente focados na medição pura e dura. O autor teve acesso e lidou directamente com uma ferramenta computacional dedicada à gestão de energia, assistiu à apresentação de outra numa conferência, e além destas teve ainda acesso à revisão bibliográfica de outros *softwares* de SMRE. Ainda que algumas destas ferramentas sejam mais flexíveis que outras, nenhuma está especialmente dirigida e foi arquitectada de origem com o objectivo de apoiar a implementação de um SGE, e de gerir energia com foco no desempenho em vez do consumo. Na revisão bibliográfica são identificados problemas tais como estas ferramentas não serem facilmente configuráveis para as necessidades das organizações, inclusivamente com ajuda de consultores das empresas que vendem o SMRE. Esta situação foi também verificada pelo utilizador durante o teste do SMRE a implementar no Campus de Alfragide. A ferramenta experimentada não é facilmente configurável para os objectivos propostos durante a fase de projecto, mesmo com apoio de consultores da empresa fornecedora.

Como solução para esta problemática o autor sugere o desenvolvimento de ferramentas de análise que se concentrem principalmente na análise do desempenho energético, e não apenas no consumo energético. O desempenho energético baseado em IDE's é a questão mais importante a que os SMRE devem responder. Além disso, as ferramentas devem ser suficientemente flexíveis para poderem incluir diversos IDE's dependendo dos que forem definidos pelo SGE. O autor sugere que os SMRE tenham capacidade de análise estatística como a referida no ponto 2.4.1 desta dissertação, ou seja, que face aos dados obtidos sejam capazes de realizar correlações estatísticas para determinar valores de referência, tal como um CER, com que o desempenho energético da organização ou dos subníveis a monitorizar sejam avaliados.

As organizações que podem obter benefícios com a implementação de um SMRE vão desde os edifícios de serviços, até às instalações industriais. Ainda que nos edifícios os IDE's tipo dependam principalmente das condições de operação (temperatura exterior, nº de ocupantes, etc.), nas instalações industriais o desempenho energético pode depender de inúmeras outras variáveis. Como o desempenho energético das organizações é a questão mais importante, e como o tipo de avaliação de desempenho depende do tipo de organização e de instalação, se se pretende ter uma ferramenta que seja facilmente aplicável às várias organizações, então esta ferramenta deverá ser flexível o suficiente para ser configurada no sentido de se adequar às necessidades das mesmas.

Pela experiência obtida pelo autor durante a realização deste trabalho, os equipamentos de medição e aquisição de dados já são capazes de obter todos os dados necessários para a correcta gestão de energia. Os sistemas de comunicação em rede e envio de dados para posterior visualização e análise já oferecem também todas as condições para que se tenha acesso aos dados, até fora do espaço físico da organização e a qualquer hora do dia. Uma vez que se tem acesso a todos os inputs (dados) necessários sugere-se o desenvolvimento das ferramentas de análise no sentido de dotar os SMRE de maiores capacidades analíticas.

Além da necessidade de evolução das ferramentas computacionais e análise no sentido de se responder às necessidades de um SGE existem potencialidades adicionais para os SMRE que hoje em dia não estão a ser aproveitadas da melhor forma. Os SMRE podem facilitar a quantificação e validação de poupanças de energia obtidas ao abrigo de Contratos de Desempenho Energético. Sugere-se também nesse sentido o desenvolvimento das ferramentas computacionais e de análise. Para quantificação da poupança obtida é necessário comparar consumos, e muitas vezes também desempenhos energéticos antes e após a implementação de medidas de racionalização de consumos de energia. Este é um mercado onde os SMRE podem entrar trazendo redução de custos e optimização dos processos. A existência de SMRE que comprovadamente quantifiquem a poupança obtida pela alteração realizada ao abrigo do CDE, e que traduzam essa poupança na remuneração devida a ESE, pode até beneficiar a aceitação do modelo de Contrato de Desempenho Energético em mercados onde este modelo não esteja ainda enraizado. Uma vez que o modelo de CDE é ainda pouco conhecido e por vezes olhado

com desconfiança em alguns mercados, a existência de uma ferramenta que de forma eficaz quantifica a remuneração devida à ESE pode ser um incentivo à maior aceitação dos CDE.

Outro ponto onde existe bastante espaço para evolução é na possibilidade de integração dos SMRE nas chamadas *smart grids*. Um sistema que esteja ao serviço da gestão de energia será tão mais eficaz quanto maiores forem as suas capacidades de integrar funcionalidades diversas que tenham implicação na gestão de energia. O autor sugere que o caminho a seguir neste ponto seja o de dotar os SMRE de capacidades de controlo sobre algumas cargas dentro da organização com base nos preços variáveis oferecidos pelos fornecedores de energia. A capacidade de controlo implica a instalação de outros equipamentos que não apenas os abordados durante este trabalho, e o conceito passa a ser não apenas de monitorização, mas também de controlo, mas este deve ser o caminho a seguir.





## 8. Conclusões

Conclui-se pela bibliografia consultada que a implementação de Sistemas de Gestão de Energia, como aqueles preconizados no âmbito da Norma ISO 50001, ou outros do género, nas variadas organizações traz bastantes benefícios às mesmas. Conclui-se também pela análise feita aos vários Sistemas de Gestão de Energia, que para além dos do tipo ISO 50001 existem outras soluções para a gestão adequada de energia.

É possível também concluir, que os vários Regulamentos Portugueses existentes que legislam sobre as organizações e instalações consumidoras de energia, i.e: o SGCIE, o RECS e o RGCE dos Transportes; podem ser integrados num SGE como o descrito pela Norma ISO 50001, tornando mais fácil o cumprimento dos Regulamentos, e o processo de gestão de energia.

Conclui-se que a implementação de um Sistema de Monitorização e Reporte de Energia facilita o processo de gestão de energia, e a implementação de um SGE. A instalação de um sistema de monitorização comum, que dê acesso aos consumos da organização, com capacidade de visualização dos consumos de energia, por si só, é uma grande vantagem para a organização. Mas, e após a experiência obtida na elaboração deste trabalho conclui-se que um sistema de monitorização apenas alcança todas as suas possibilidades de apoio à gestão de energia quando é enquadrado num Sistema de Gestão de Energia. Conclui-se que o SMRE será tão mais útil para a gestão de energia, quanto mais focado no desempenho energético for. O SMRE ideal, é tal como apresentado no capítulo 0, um sistema que de forma autónoma gera relatórios com a evolução do desempenho energético da organização.

Pelas ferramentas experimentadas ao longo da realização do trabalho conclui-se que os SMRE já são hoje em dia ferramentas bastante úteis ao serviço da gestão de energia. Por outro lado, é ainda difícil encontrar hoje em dia ferramentas com total autonomia. Salienta-se principalmente a necessidade de ter a capacidade de assegurar que o impacto das variáveis mais importantes para o consumo energético da organização é contabilizado.

Como trabalho futuro nesta área, recomenda-se o desenvolvimento ao nível de *software* e de autonomia do SMRE. Hoje em dia, a tecnologia existente ao nível de equipamentos de medição, e de equipamentos e tecnologias de transmissão de dados, já está bastante avançada, sendo já possível obter praticamente todos os dados considerados úteis e necessários para a correcta gestão de energia. Sugere-se assim que os maiores esforços das várias entidades ligadas ao sector, sejam realizados no desenvolvimento de *software* com maior capacidade analítica, com maior flexibilidade para responder às necessidades das várias organizações, e com maior autonomia no que toca à geração de relatórios sobre o desempenho energético.

Conclui-se também que os SMRE têm ainda possibilidades de evoluir para outras funcionalidades. A determinação das poupanças obtidas pelas medidas de racionalização de consumos energéticos realizadas ao abrigo dos Contratos de Desempenho Energético deve ser feito da forma o mais eficiente possível. Nesse sentido, conclui-se que um SMRE que consiga de forma autónoma determinar as poupanças energéticas obtidas, e de forma autónoma criar relatórios sobre as mesmas, pode ser uma ferramenta bastante útil para a validação de poupanças obtidas ao abrigo de Contratos de Desempenho Energético. Nesse sentido, sugere-se como trabalho futuro o desenvolvimento de um SMRE que cumpra com o necessário para poder automaticamente calcular poupanças obtidas ao abrigo de um CDE, e que possa de forma autónoma enviar ao cliente os custos a imputar relativos às melhorias obtidas.



## **9. Anexos**

### **Anexo I – Aplicações de um SMRE**

#### **Análise de consumos de energia**

Perceber como a energia é utilizada num edifício pode levar a alterações na operação que reduzam o consumo energético. Por exemplo, se após a instalação do SMRE se toma consciência que existe uma grande carga à noite quando um edifício está desocupado, pode existir equipamento que deveria estar desligado. Além disso, alterar o horário de funcionamento de equipamentos que funcionem nas horas de maior carga, pode em alguns casos reduzir custos com a potência contratada e com a potência nas horas de pico.

Esta aplicação de um SMRE é a mais evidente mas é apenas uma de muitas.

#### **Alocação/atribuição de consumos e repartição de custos energéticos**

No caso de edifícios/instalações onde existe apenas um contador do fornecedor de energia, e onde existem vários consumidores, (por exemplo: num centro comercial com várias lojas e apenas um contador ou num edifício de escritórios com gabinetes de várias empresas) os custos de energia podem a ser divididos e atribuídos sem o rigor devido. Em algumas situações multiplica-se o custo total da factura energética pela percentagem de área que cada loja ou escritório ocupa no edifício. Este método atribui custos de energia com base numa relação directa com a área de ocupação, o que pode ser uma estimativa totalmente errada e injusta. Neste caso, utilizar um SMRE é a melhor maneira de alocar a cada utilizador os respectivos custos e consumos energéticos. Em alternativa pode-se, na maioria dos casos, pedir contadores diferenciados ao fornecedor de energia, mas cada utilizador incorre em custos extra para realizar alterações à instalação eléctrica e até custos administrativos associados a cada contrato.

#### **Agregação de consumidores com objectivo de redução de custos**

Na maioria dos casos, as empresas fornecedoras de energia incluem na factura custos ou taxas fixas por cada consumidor ou contrato de energia. Alguns destes custos são administrativos e outros são até custos relacionados com taxas legais (em Portugal é cobrada a taxa sobre audiovisuais). No caso de uma organização ter vários contractos de energia separados existe potencial para reduzir custos no caso de se agregar os vários contractos num só.

Além destes custos fixos existem outros custos variáveis que podem ser partilhados, tais como a potência contratada e a potência nas horas de ponta. Para que exista uma real poupança de custos é necessário que se faça uma boa gestão da procura. O seguinte exemplo é um exemplo de um caso em que se pode reduzir custos pela agregação de vários consumidores:

Caso 1: 20 lojas num centro comercial, boa gestão da procura, picos desfasados, apenas um contador, custo com a potência contratada dividido por vários consumidores.

Caso 2: 20 lojas num centro comercial, cada loja tem de contratar a potência máxima (por exemplo para climatização), contadores de fornecedor de electricidade em cada loja, potência contratada mais baixa, mas os custos são suportados por apenas um consumidor em cada contrato.

#### **Subfacturação de custos energéticos**

A instalação de um SMRE poderá servir também em situações em que se deseja facturar os custos de consumo de energia e tal ainda não acontece. Situação diferente da abordada no ponto Alocação/atribuição de consumos e repartição de custos energéticos, onde apesar de erroneamente calculados, já se atribuíam custos energéticos antes da instalação de um sistema de monitorização. Tomem-se os seguintes casos:

- Um edifício de *co-working*, onde ainda não se atribuem custos energéticos às empresas ou utilizadores instalados nesse espaço. Um SMRE pode ser a solução para imputar estes custos a cada utilizador.
- No futuro próximo, quando houver uma maior penetração de veículos eléctricos e cada condutor pretender carregar o veículo eléctrico no espaço de trabalho ou noutros locais onde passe algum tempo (como por exemplo, parques de estacionamento de centros comerciais, edifícios de serviços, hipermercados, entre outros). Um SMRE poderá ser a solução para facturar a cada condutor o custo da energia consumida pelo seu veículo.

O segundo exemplo, pelas quantidades de energia consumidas é um exemplo flagrante da necessidade de subfacturar custos energéticos, e mais tarde ou mais cedo, a existência de um SMRE para poder cobrar os custos ao utilizador será uma necessidade absoluta.

### **Gerar informação para tomar opções de investimento**

Na maior parte dos casos, para uma empresa reduzir ao mínimo os seus custos com energia é necessário realizar investimentos em eficiência energética. Para isso é necessário analisar detalhadamente os consumos de cada equipamento ou de cada parte do edifício objecto do investimento. Só com informação precisa sobre os consumos se consegue calcular quais são as melhores oportunidades de negócio do ponto de vista da rentabilidade do investimento (ROI) e tempo de retorno do mesmo (*payback period*).

### **Comparar desempenhos energéticos (*benchmarking*) e criar índices de desempenho energético**

As vantagens em comparar desempenhos energéticos entre instalações são claras; determinam-se os melhores exemplos como modelos a seguir, e tem-se assim um guia das práticas a seguir para obter elevada eficiência energética. Ainda assim, comparar desempenhos energéticos globais entre vários edifícios por sector, área ou tipologia, não é suficiente. Mais interessante é comparar os consumos diferenciados e normalizados (iluminação por área e ocupação, climatização por volume, temperatura exterior e climatização, e outros) e criar índices de desempenho energético. Um SMRE pode recolher dados suficientes para que se possa realizar este tipo de comparações dando assim oportunidade aos gestores e proprietários de edifícios de seguir as melhores práticas. A comparação (*benchmarking*) pode ser feita contra estatísticas do sector ou até internamente, entre várias edifícios ou por exemplo lojas de uma cadeia da mesma empresa.

### **Gerir de forma inteligente a instalação eléctrica**

A monitorização constante de uma instalação eléctrica pode servir para identificar ramos da instalação eléctrica que estejam a ser subaproveitados por não estarem a funcionar à sua capacidade nominal ou máxima. É normal que uma instalação seja projectada para ser sobredimensionada por razões de segurança e futuro crescimento no consumo energético. Mas quando esse consumo cresce livremente, por exemplo adicionando sempre cargas num ramo da instalação e não nos outros ramos, pode-se dar o caso de haver uma má utilização da instalação eléctrica, já que pode existir capacidade adicional livre noutros ramos e dar-se o caso de sobrecarregar apenas um. Este crescimento livre da instalação pode degenerar em más medidas de gestão, como por exemplo: o investimento na repotenciação de um ramo sobrecarregado. Um SMRE pode identificar capacidade livre e subaproveitada na rede/instalação. Esta capacidade pode ser aproveitada e a instalação pode ser melhor equilibrada reduzindo a necessidade de investir em melhorias na mesma. Quando finalmente for necessário investir na melhoria e aumento de capacidade da instalação eléctrica, podem-se tomar decisões melhor fundamentadas tendo em conta a utilização típica com base nos dados históricos obtidos pelo SMRE.

### **Verificar a contagem por parte da empresa fornecedora de energia**

Erros na contagem e facturação de energia são bastante comuns, e podem acontecer vários tipos de erros. Um contador pode ter vários defeitos que causem erros na contagem. Podem existir erros de facturação derivados de se fazerem estimativas quando não existe telecontagem.

Recentemente, em 2012, a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), detectou perto de 106 mil casos de erros na contagem dos consumos de electricidade, motivados por desacertos nas mudanças de hora e problemas de *software*. Destes casos, 83 mil correspondem a contadores incorrectamente parametrizados, ou seja, para os quais há um desajustamento de períodos horários. Outros 23 mil correspondem a contadores cuja precisão não é completa. A compensação paga pelo fornecedor de energia eléctrica, aos seus clientes, pelos erros detectados, é superior a 4.1 milhões de euros. (ERSE, 2012). Após o comunicado da ERSE, a Deco realizou uma auditoria em 755 alojamentos familiares e obteve resultados ainda piores na amostra. De acordo com os dados que a associação de defesa de consumidores publicou no seu site, só 19,8% dos consumidores tinham a hora certa, enquanto 12% dos contadores tinham distorções de horário iguais ou superiores a 30 minutos. O número total de lesados ascende, segundo a Deco, a 480 mil consumidores. (Crisóstomo, 2012).

A utilização de um SMRE é uma maneira do consumidor ter uma base de comparação para os valores facturados pelas empresas fornecedoras de energia, e ter informação, que em caso de disputa poderá ser utilizada como prova do erro.

### **Gerir a resposta à procura de energia**

Os custos de energia englobam várias componentes. No caso específico da electricidade a facturação é feita sobre o consumo de energia (em kWh), mas também sobre a potência contratada pelo cliente (em kW), e ainda pela potência máxima absorvida pela instalação (também em kWh). O valor da potência contratada depende do valor da potência máxima atingida pela instalação nos últimos 12 meses. O que significa que um pico de potência reflecte-se na factura de electricidade durante pelo menos 12 meses. Assim, a eficiência financeira não depende apenas da redução dos consumos energéticos, mas também da redução da potência máxima atingida.

Um SMRE é uma arma muito eficaz como ajuda à gestão da procura. Na maioria dos SMRE podem-se criar alertas que enviam mensagens aos utilizadores a informar que se está a ultrapassar um determinado valor de potência na instalação. Alguns SMRE, com funções mais avançadas, ou em conjunto com sistemas próprios de resposta automática à procura, podem ainda dar resposta automática à subida da potência consumida, desligando algumas cargas consideradas não prioritárias, ou ligando geradores, ou retirando energia de sistemas de armazenamento, quando os custos energéticos e económicos assim o ditarem.

Mesmo sem funcionalidades automáticas e alertas de iminência de ultrapassar valores de potência, é possível fazer uma análise retroactiva aos dados recolhidos pelo SMRE e identificar os períodos de maior potência consumida para que no futuro se faça uma melhor gestão da procura.

Um outro caso em que um SMRE é uma grande ferramenta de apoio à gestão da procura de energia é quando temos custos de energia variáveis com o horário de consumo. Seja no caso em que existe um horário definido pelo comercializador de energia, ou quando uma instalação tem geração de energia renovável para autoconsumo, ou até na possibilidade de no futuro os mercados de energia terem preços variáveis dependentes da relação entre a oferta e a procura. Nestes casos ter um sistema que monitorize de forma automática os consumos energéticos é uma grande vantagem, e pode até considerar-se que não tendo essa informação automatizada e constante não se poderá gerir a procura.

### **Garantir a conformidade com um regulamento, norma ou certificação energética**

Como referido no capítulo 3.1.5 – Regulamentos Portugueses, existem leis a nível nacional e internacional que sugerem a instalação de um SMRE. Um caso flagrante é o SGCIE, Regulamento Português que se aplica aos consumidores intensivos de energia, e que requer a medição dos consumos de energia para cumprimento do Regulamento. Ao nível das normas voluntárias e de certificação, temos o caso da ISO 50001 referida e analisada várias vezes ao longo desta dissertação.

### **Analisar a qualidade de energia (eléctrica)**

A crescente utilização de aplicações de cargas não-lineares, consistindo principalmente em dispositivos de electrónica de potência, tornam os problemas de qualidade de energia uma questão mais importante do que nunca. Um eficiente controlo dos parâmetros de qualidade de energia, e mitigação dos problemas derivados de fraca qualidade são altamente dependentes da sua detecção precisa e oportuna. O sintoma mais comum de fraca qualidade de energia é a existência de harmónicas na rede, produzidas pelo número cada vez maior de equipamentos com conversores ou dispositivos electrónicos. Existem ainda outros problemas que podem afectar a qualidade de energia como variações na frequência, na tensão, picos de corrente, entre outros. Todos estes problemas podem afectar o tempo de vida útil dos equipamentos ligados à rede com baixa qualidade.

Um SMRE pode ter contadores com capacidades de análise de energia que sejam capazes de identificar harmónicas, distúrbios na tensão e outros problemas, podendo assim prevenir-se situações de avaria e mau funcionamento de equipamentos.

### **Medição e Verificação (M&V) de poupanças energéticas em Contratos de Desempenho Energético**

Tal como referido no capítulo 2.4.3 - Contratos de Desempenho Energético, a utilização de um SMRE pode ser, uma maneira de facilitar a quantificação de poupanças energéticas obtidas ao abrigo de um Contrato de Desempenho Energético (CDE).

As poupanças ao abrigo de um CDE podem acontecer devido à implementação de várias medidas de eficiência energética. Estas poupanças devem ser quantificadas com recurso a quatro opções de Medição e Verificação. Três dos quatro tipos de M&V existentes baseiam-se na medição directa de dados de consumos energéticos ou de parâmetros chave que tenham influencia no consumo energético (p.ex.: tempo de operação), e dois dos quatro tipos (A e B) baseiam-se na medição isolada do equipamento ou equipamentos alvo do CDE, sendo o terceiro tipo (C), baseado na medição global do desempenho do edifício alvo do CDE e não de equipamentos isolados. As opções A, B e C pressupõem a recolha directa de dados que têm impacto no consumo de energia ou dados de consumo de energia. Qualquer um dos 3 tipos pressupõe a recolha destes dados antes e depois da intervenção realizada ao abrigo do CDE. Um SMRE possibilita a aquisição de dados de consumos energéticos de forma automática. Outro tipo de dados (como tempo de operação) não são hoje em dia ainda frequentemente medidos pelos sistemas disponíveis. No entanto, esta é uma forma de verificação de poupanças também válida.

Os SMRE, desde que sejam capazes de quantificar poupanças, através da análise dos dados monitorizados, podem ser uma ferramenta muito útil ao abrigo de CDE. E, assim sendo, um SMRE poderá ser utilizado com o propósito de quantificar poupanças energéticas em CDE.

### **Promover a sensibilização para a temática da eficiência energética**

A utilização das funcionalidades gráficas e de análise de um SMRE pode ser uma boa forma de promover a sensibilização para a temática da eficiência energética dentro de uma organização. Uma vez que um SMRE tem a capacidade de adquirir e comunicar dados em tempo real é possível utilizar

*dashboards*, gráficos, tabelas, ou outras formas de mostrar dados de uma forma facilmente perceptível para divulgar os consumos de energias por todos os funcionários da organização. É até possível mostrar o cumprimento ou não dos objectivos definidos para o dia, mês, ano, posto de trabalho, etc.

O contacto com dados de consumos energéticos e custos de energia de forma frequente por parte dos funcionários da organização pode ser impulsionador de uma maior sensibilidade para a temática e maior cuidado na utilização de energia.

### **Resposta a situações de emergência**

Um SMRE pode ser útil em casos de falha eléctrica da rede de fornecimento, avisando o consumidor de que não está a existir fornecimento de energia, e alertando-o para ligar geradores ou outros equipamentos de segurança de abastecimento. Esta funcionalidade pode ser útil no caso de existirem cargas sensíveis como equipamentos médicos ou servidores informáticos.

### **Identificação de avarias ou mau funcionamento de equipamento**

A observação e análise ao longo do tempo, de curvas de consumos energéticos, podem levar à identificação de tendências de consumo pouco características de um determinado equipamento. Estes consumos pouco típicos podem ser consequências de avaria ou mau funcionamento do equipamento. Um SMRE e a análise dos dados obtidos pelo mesmo podem ser ferramentas úteis na identificação de necessidades de manutenção dos equipamentos.

## Anexo II – Tecnologias de Medição de Gás

### Contadores de deslocamento positivo

Este tipo de contadores funciona pelo deslocamento físico do mecanismo de medição causado pelo fluido. Mede-se o volume de fluido deslocado pelo fluxo, e o caudal é calculado a partir da medição feita derivando volume em ordem ao tempo. Nestes equipamentos conta-se o número de vezes que o gás enche a câmara de medição.

No caso do gás natural existem duas tecnologias predominantes neste tipo de contadores: os contadores de diafragma; e os contadores de êmbolos rotativos.

**Contador de Diafragma** - Este tipo de contador é bastante comum e é utilizado para medição de gases a baixa pressão. Quando o gás entra no contador é forçado a entrar para uma câmara cujo volume é conhecido, através de uma válvula de distribuição. A câmara tem a saída bloqueada nesse momento, por isso o gás que entra na câmara causa que esta infle. Quando a câmara acaba de encher, a válvula de distribuição move-se e direcciona o fluxo para outra câmara vazia, ao mesmo tempo que a saída da primeira câmara se abre. A segunda câmara ao receber o gás infla e pressiona as laterais (diafragma) da primeira câmara, fazendo com que o gás no interior seja expelido do contador. Este ciclo de enchimento / esvaziamento das câmaras produz um fluxo de gás quase contínuo através do contador. O movimento linear das válvulas deslizantes é transformado em movimento rotativo e é accionado um mecanismo de contagem do gás consumido.

Este tipo de contadores oferecem uma elevada gama de aplicabilidade e boa precisão a baixo custo. Uma das principais desvantagens destes medidores é o seu tamanho, que deve aumentar de acordo com o caudal a ser medido. (US Department of Energy, 2011)

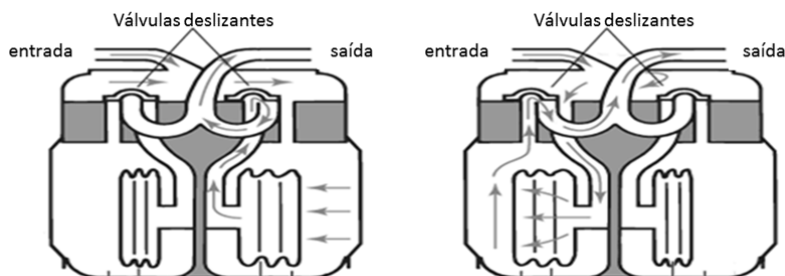


Figura 39 – Representação de um Contador de Diafragma (American Meter Company, 2014)

**Contador de Êmbolos Rotativos** – São instrumentos de precisão capazes de suportar volumes e pressões maiores que os contadores de diafragma. O seu funcionamento é baseado em dois êmbolos em forma de oito que giram por acção de um motor, e que quando giram fazem mover o gás através do contador. O caudal de gás é proporcional à velocidade de rotação dos êmbolos rotativos. Os vários modelos de medidores de deslocamento positivo rotativos são semelhantes aos modelos das bombas e compressores de deslocamento positivo.

Este tipo de contadores tem boa precisão e apresentam baixo custo. Tal como no caso dos contadores de diafragma, o tamanho destes contadores aumenta bastante com o caudal a ser medido. (US Department of Energy, 2011)

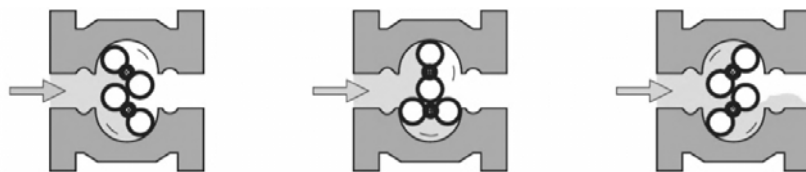


Figura 40 – Esquema de um medidor de Êmbolos Rotativos (DMS Flow Measurement)



## Medidores de diferença de pressão

Todos os medidores de diferença de pressão baseiam-se na relação velocidade-pressão de fluidos em movimento. Quando uma obstrução ou orifício é colocado no caminho de um fluido, a velocidade deste fluido aumenta e a pressão diminui. É esta mudança na pressão que é medida e utilizada para calcular o caudal. Existem vários instrumentos que funcionam pela diferença de pressão que podem ser utilizados para medição de gás, dos quais três dos mais comuns são descritos em baixo.

**Medidor de Placa de Orifício** - Existem vários tipos e estilos de medidores de placa de orifício, mas em todos o princípio básico mantém-se igual. A placa é normalmente um disco metálico fino com um orifício colocado no caminho do fluxo de gás e seguro entre duas flanges. À medida que o fluido passa pelo orifício, esta obstrução cria uma diferença de pressão a montante e a jusante do orifício, proporcional ao caudal do fluido. A diferença de pressão é medida, e o caudal calculado com base nesta diferença de pressão, e na temperatura do fluido. As placas de orifício causam uma perda de carga elevada no sistema devido ao seu desenho básico, e as vantagens desta tecnologia (compacta, funcionamento simples, precisão) devem ser avaliadas tendo em conta a perda de carga que causa no sistema. Na Figura 41 pode-se observar uma representação do funcionamento de um medidor de Placa de Orifício. (Universal Flow Meters, 2014)

**Medidor de Tubo de Venturi** - Tal como na placa de orifício, é colocada uma obstrução no caminho do fluxo de gás. Mas ao contrário da placa de orifício, em que a obstrução tem arestas vivas, neste caso a diferença de pressão é causada por uma secção de tubo que converge suavemente para uma área de diâmetro reduzido, e que volta a divergir para a área total da tubagem também de forma suave. A vantagem principal do tubo de venturi sobre a placa de orifício, é que este não causa uma perda de carga tão grande no sistema como a placa de orifício. Na Figura 42 observa-se uma representação do funcionamento de um Tubo de Venturi.

**Medidor de Annubar** – É uma variação do Tubo de Pitot. Neste caso, o dispositivo que causa a diferença de pressão é um tubo inserido no caminho do gás. Dentro deste tubo existem dois tubos mais pequenos com orifícios espaçados uniformemente ao longo do diâmetro de medida. Um dos tubos encontra-se orientado com os orifícios directamente de frente para o sentido do fluxo, e o outro orientado para jusante do sentido do fluxo. Estes orifícios são os pontos de detecção de pressão, em que os virados a montante medem a pressão dinâmica (causada pelo movimento do fluido) e os virados a jusante medem a pressão estática. Com estas medições e utilizando a relação pressão-velocidade de escoamento é possível calcular o caudal. Na Figura 43 é possível observar o corte transversal de um medidor de Annubar. (US Department of Energy, 2011)

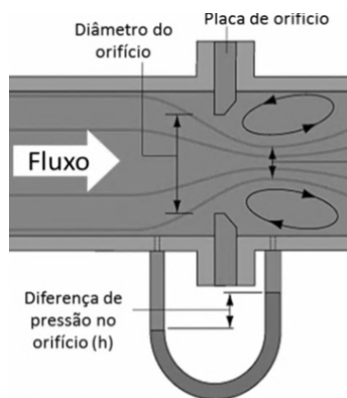


Figura 41 – Esquema representativo do medidor de Placa de Orifício

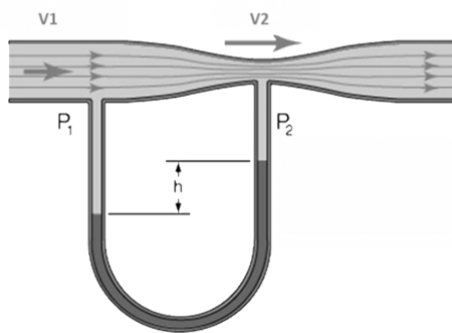


Figura 42 – Esquema representativo do medidor de Tubo de Venturi



Figura 43 – Corte transversal de um medidor de Annubar

## Medidores de velocidade

Os medidores de velocidade determinam o caudal medindo directamente a velocidade de escoamento do gás.

**Medidor de Turbina** - Tal como o nome indica, estes medidores funcionam através da colocação de uma turbina no caminho do fluxo de gás. À medida que o gás passa pelas pás da turbina, esta roda a uma velocidade relacionada com a velocidade do escoamento do gás. A velocidade de rotação das pás pode ser determinada através de várias tecnologias, incluindo sensores magnéticos, engrenagens de transmissão ou outras. Os impulsos criados pela rotação das pás são directamente proporcionais à velocidade do fluido, e logo ao caudal. No que toca à medição de gás, este tipo de contadores são normalmente utilizados em aplicações industriais ou de grande caudal. Na Figura 44 observa-se uma representação de um medidor de turbina. (Universal Flow Meters, 2014)

**Medidor de Vórtice** - Nestes medidores, um obstáculo (denominado em inglês de *bluffer*) localizado no caminho do fluxo de gás provoca o aparecimento de vórtices nas suas laterais e a jusante do obstáculo. Os vórtices são formados alternadamente em cada um dos lados do obstáculo, e a frequência a que alternam é medida por um sensor, normalmente piezoeléctrico. A frequência a que alternam está directamente relacionada com a velocidade de escoamento do fluido e assim é possível saber o caudal. Na Figura 45 observa-se uma representação de um medidor de vórtice. (Universal Flow Monitors, 2014)

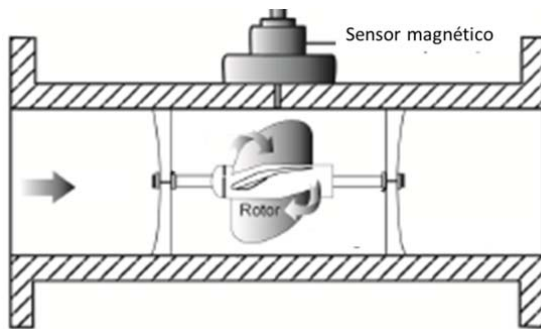


Figura 44 – Esquema representativo do medidor de turbina (US Department of Energy, 2011)

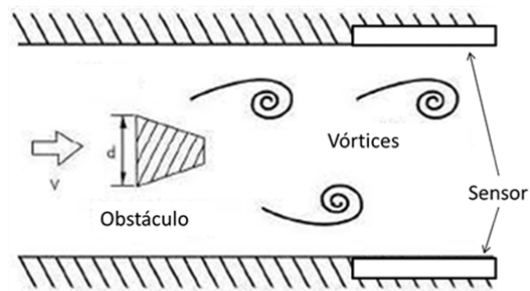


Figura 45 – Esquema representativo do medidor de vórtice (US Department of Energy, 2011)

## Medidores sem interferência no fluxo (Ultra-sónicos)

Tal como o nome indica este tipo de medidores não interfere no fluxo de gás, não provocando perda de carga. Existem vários tipos de tecnologias de medição sem interferência no fluxo do fluido, mas algumas não se aplicam a medição de gases. Os medidores Electromagnéticos não são utilizados na medição de gás porque contrariamente aos líquidos, os gases têm baixa condutividade eléctrica.

Os medidores sem interferência no fluxo utilizados para medição de gás são os ultra-sónicos. Estes dividem-se em várias tecnologias, mas é comum a todos a vantagem de não perturbação do fluxo. É também comum a todas estas tecnologias a existência de medidores do tipo *clamp-on*, que podem ser aplicados a qualquer tubagem sem serem intrusivos, ou seja, não é necessário cortar a tubagem e inserir uma flange de medição. (Universal Flow Meters, 2014)

**Medidores Ultra-sónicos de Efeito de Doppler** – Utilizam ondas sonoras para determinar a velocidade do fluido na tubagem. Quando a onda ultra-sónica atravessa o fluido em movimento, as ondas que são reflectidas são diferentes da original devido ao efeito de Doppler, tal como é possível observar na Figura 46 . A frequência das ondas reflectidas aumenta linearmente com a velocidade do fluido que a onda atravessa. Para calcular o caudal utiliza-se a diferença entre a frequência do sinal enviado e a frequência do sinal recebido. Este tipo de medidor tem como desvantagem ser necessário que o fluido (gás neste caso) contenha pequenas partículas onde as ondas possam “embater” e ser

reflectidas, o que dependendo do tipo de gás pode ser um problema e inviabilizar este tipo de medidores. (Hofmann, 2014)

**Medidores Ultra-sónicos de Tempo de Trânsito** – Esta é a tecnologia ultra-sónica mais utilizada para medição de gás. Tem o nome de “tempo de trânsito” e mede o tempo que uma onda demora a percorrer uma secção da tubagem, primeiro a favor do fluxo e depois contra o fluxo, tal como é possível observar na Figura 47. Quando a onda viaja a favor do fluxo a sua velocidade aumenta ligeiramente e quando viaja contra o fluxo a onda abrandar. Esta diferença no tempo de trânsito é directamente relacionado à velocidade do fluxo. (Universal Flow Meters, 2014)

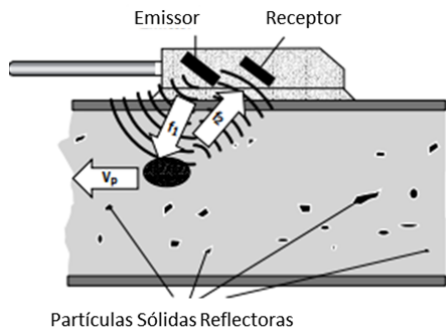


Figura 46 – Esquema de funcionamento de um medidor Ultra-sónico de Doppler

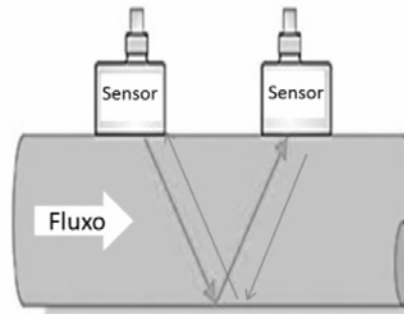


Figura 47 – Esquema de funcionamento de um medidor Ultra-sónico de Tempo de Trânsito

### Medidores Mássicos (Térmicos e de Coriolis)

Os medidores mássicos medem a massa de gás que passa num tubo ao invés do outro tipo de medidores, que medem volume. Fazendo a medição da massa da gás está-se menos exposto à variação na densidade do gás. A medição da massa não é afectada por variações na pressão, viscosidade, densidade, e no caso dos medidores de Coriolis não é afectada também pela temperatura.

**Medidores Térmicos** – Estes medidores usam as propriedades térmicas do fluido para medir o fluxo. Num medidor térmico típico aplica-se uma quantidade conhecida de calor por um transmissor de calor instalado na tubagem. Este calor é transferido para o fluido a uma taxa que depende do fluxo. Para determinar a taxa de transferência de calor usam-se sensores de temperatura. As propriedades térmicas do fluido a medir variam pouco com a pressão e temperatura do fluido, mas a composição do fluido é importante. Caso a composição do fluido a medir varie o medidor deve ser calibrado para o novo fluido já que as propriedades térmicas de um e de outro variam bastante com pequenas diferenças de composição química. Assim, para a medição de gás é importante que caso o gás tenha uma composição diferente, se faça uma nova calibração. (Universal Flow Monitors, 2014)

**Medidores de Efeito de Coriolis** – Estes medidores medem a força resultante da aceleração causada por um corpo com massa movimentando-se no sentido (ou contrário) da rotação. O efeito de rotação é criado fazendo vibrar o tubo onde o gás passa. O tubo (ou dois tubos nos medidores mais recentes e mais avançados) tem alguma flexibilidade e a força de Coriolis provoca uma torção nos tubos quando há fluxo de gás a passar pelos mesmos. Esta torção é medida consegue-se assim saber o fluxo mássico de gás. (American Gas Association, 2011)

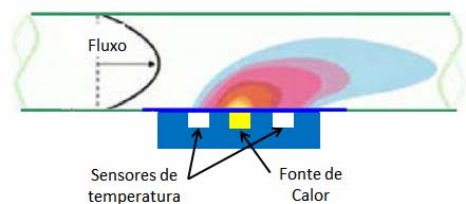


Figura 48 – Esquema do Medidor de Térmico

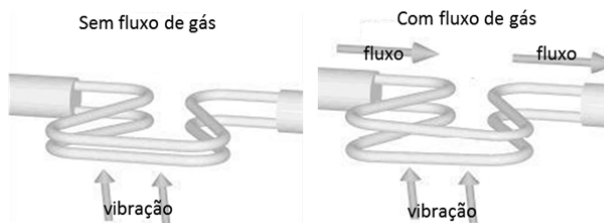


Figura 49 – Esquema do Medidor de Coriolis

A Tabela 12 é uma comparação das várias tecnologias abordadas, com as vantagens relativas de cada uma das tecnologias e as suas características.

Tabela 12 – Tabela comparativa das várias tecnologias de medição de gás. (Adaptado de (Bronkhorst UK, 2014), (Womack), (American Gas Association, 2011))

Tecnologia Critério	Deslocamento positivo	Placa de orifício	Tubo de Venturi	Annubar	Turbina	Vórtice	Ultra-sónico (clamp on)	Térmico	Coriolis
Precisão	Boa	Média	Boa	Boa	Média	Boa	Boa	Boa	Muito Boa
Facilidade de Instalação	Fácil	Fácil	Moderada	Fácil	Moderada	Moderada	Muito Fácil	Fácil	Moderada
Perda de Carga	Moderada	Elevada	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Nula	Baixa	Baixa
Necessidade de recalibração	Pouco Frequente	Frequente	Pouco Frequente	Pouco Frequente	Frequente	Pouco Frequente	Frequente	Muito Frequente	Frequente
Custo de aquisição	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado	Médio	Moderado	Médio	Moderado
Custo de instalação	Moderado	Baixo	Moderado	Baixo	Moderado	Moderado	Baixo	Moderado	Elevado
Custo de manutenção	Elevado	Elevado	Moderado	Baixo	Moderado	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

## 10. Bibliografia

- EDP Serviço Universal. (2013). *EDP*. Obtido em Julho de 2013, de Origens da Electricidade: [www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx](http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx)
- (INETI), H. G. (Novembro de 2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. Obtido de [www.lneg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclimáticos.pdf](http://www.lneg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclimáticos.pdf)
- 4GAmericas. (2014). Obtido de <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&sectionid=242>
- ADENE. (2014). *Portal SGCIE*. Obtido de <http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SGCIE/Paginas/Homepage.aspx>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2013).
- American Gas Association. (2011). Obtido de <http://ballots.api.org/copm/cogfm/ballots/docs/ballot2342-14.9rev.pdf>
- American Meter Company. (2014). Obtido de [www.americanmetercompany.com](http://www.americanmetercompany.com)
- Bayliss, C. R., & Hardy, B. J. (2012). Chapter 5 - Current and Voltage Transformers. In *Transmission and Distribution Electrical Engineering* (pp. 157-170).
- Bianchi, A. (2000). *UpStarts: ASP*. Obtido de <http://www.inc.com/magazine/20000401/18093.html>
- BizEE. (2013). *Energy Lens*. Obtido em 2013, de <http://www.energylens.com/articles/degree-days>
- BP. (2013). *BP Statistical Review of World Energy*.
- Bronkhorst UK. (2014). Obtido de <http://www.machinebuilding.net/ta/t0122.htm>
- Building Services Engineering Research and Technology. (2003). *Improved methods for evaluating base temperature for use in building energy performance lines*.
- Buildings Performance Institute Europe. (2011). *Europe's Building Under the Microscope*. Bruxelas, Bélgica.
- California Energy Commission. (2007). *Continuous Performance Monitoring Systems, Specification Guide for Performance Monitoring Systems*.
- Callen, H. (1985). *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*.
- Crisóstomo, P. (2012). Deco: mais de quatro em cada dez contadores de electricidade têm hora errada. *Público*.
- Curry, Edward. (2012). *System of Systems Information Interoperability using a Linked Dataspace*. Galway, Irlanda.

- Dahle, D. (2013). *A brief history of meter companies and meter evolution*. Obtido em 2013, de Watt hour meters: <http://www.watthourmeters.com/history.html>
- Dantoin, T. (2010). *Energy Performance Indicators*.
- Decreto-Lei n.º118. (2013).
- Decreto-Lei n.º79. (2006).
- Deltaflowtech. (2011). Obtido de <http://www.deltaflowtech.com/categories/heat-meters-faq.aspx>
- DGEG. (2013). *Energia em Portugal - Principais números*.
- DGEG. (2014). *Energia em Portugal, Principais números*.
- Dictionary.reference. (s.d.). Obtido de Dictionary.reference: <http://dictionary.reference.com/browse/modem?s=t>
- DL17313/2008. (2008). *DL17313/2008*.
- DMS Flow Measurement. (s.d.). Obtido em 2014, de [http://www.dmsltd.com/Gas\\_Meters/RVG\\_G100\\_DN80\\_3\\_Rotary\\_Gas\\_Meter](http://www.dmsltd.com/Gas_Meters/RVG_G100_DN80_3_Rotary_Gas_Meter)
- Drury, B. (2009). *Control Techniques Drives and Controls Handbook*.
- Electric Engineering Portal. (2012). *Electric Engineering Portal*. Obtido de <http://electrical-engineering-portal.com/overview-of-single-phase-induction-type-energy-meter#4>
- Electric Power Research Institute. (1996). *End-use Performance Monitoring Handbook*.
- Electronics Tutorials. (s.d.). *Electronics Tutorials*. Obtido de <http://www.electronics-tutorials.ws/transformer/current-transformer.html>
- Energy Policy Act. (2005). Energy Policy Act. USA.
- EnergyCAP. (2014). Obtido de <http://www.energycap.com/products/energycap-enterprise-learn-more/feature-comparison-guide>
- Engineering Toolbox. (2014). Obtido de [http://www.engineeringtoolbox.com/flow-meters-d\\_493.html](http://www.engineeringtoolbox.com/flow-meters-d_493.html)
- Environmental Protection Agency. (2013). *Guidelines for Energy Management*.
- EPA. (2014). Obtido de [http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/conf/16th/17\\_Womack\\_presentation.pdf](http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/conf/16th/17_Womack_presentation.pdf)
- ERSE. (2010). *Informação sobre facturação de Energia Reactiva*. Obtido de <http://www.erse.pt/pt/electricidade/regulamentos/relacoescomerciais/Documents/Recomenda%C3%A7%C3%B5es/Recomenda%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20reactiva.pdf>
- ERSE. (2012). *Compensação aos consumidores afetados por anomalias de contagem*. Lisboa.

- Excelconsulting. (2014). Obtido de <http://excelconsulting.pt/dashboards/>
- Federal Energy Management Program. (2007). *Wireless Temperature Sensors for Improved HVAC Control*.
- Federal Energy Regulatory Commission. (2008). *Demand Response and Advanced Metering*.
- Fluke. (2013). *Fluke Clamp-Meters*. Obtido de <http://www.fluke.com/fluke/ptpt/products/clamp-meters.htm>
- Genet, J.-P., & Schubert, C. (2013). Designing a metering system for small and medium-sized buildings. *Schneider Electric White Paper*.
- Hofmann, F. (2014). *Fundamentals of Ultrasonic Flow Measurement* . Obtido de [http://www.krohne-downloadcenter.com/dlc/BR\\_ULTRASONIC\\_en\\_72.pdf](http://www.krohne-downloadcenter.com/dlc/BR_ULTRASONIC_en_72.pdf)
- ICOSE. (2004). *Systems Engineering Handbook*.
- IEA. (2014). IEA. Obtido de <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=EU27&product=indicators&year=2011>
- IEEE. (2013). IEEE 802.3 'Standard for Ethernet' marks 30 years.
- IEEE Global History Network. (s.d.). *IEEE Global History Network - Edward Weston*. Obtido em 2013, de IEEE Global History Network: [http://www.ieeeahn.org/wiki/index.php/Edward\\_Weston](http://www.ieeeahn.org/wiki/index.php/Edward_Weston)
- IEEE. (s.d.). *Recommended Unit Symbols, SI Prefixes, and Abbreviations*. Obtido de <http://www.ewh.ieee.org/soc/ias/pub-dept/abbreviation.pdf>
- INETI. (2006). *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios - Manual de apoio à aplicação do RCCTE*. Obtido de LNEG: [www.esferovite.pt/pdf/2006\\_ManualApoioAplicaçãoRCCTE.pdf](http://www.esferovite.pt/pdf/2006_ManualApoioAplicaçãoRCCTE.pdf)
- International Electrotechnical Commission. (2011). *Glossary of International Electrotechnical Commission*. Obtido de <http://dom2.iec.ch/terms/terms.nsf/9bc7f244dab1a789c12570590045fac8/57729bc6f1abad96c125787f00246517?OpenDocument>
- International Institute for Applied Systems Analysis. (2012). *Global Energy Assessment*. Laxenburg, Austria.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. (s.d.). *IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change*. Obtido em Dezembro de 2013, de <http://www.ipcc.ch/>

- IPMVP. (2012). *International Performance Measurement & Verification Protocol*.
- ISO. (2011). *EN ISO 50001:2011 Sistemas de gestão de energia - Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização*.
- ISO. (2011). *Win the energy challenge with ISO 50001*.
- ISO-International Organization for Standardization. (2013). Obtido em 2013, de <http://www.iso.org/iso/home.htm>
- Itrón. (2014). Obtido de <https://www.itron.com/local/Pages/Heat-UK-whatisaheatmeter.aspx>
- Loijos, A. (2013). *LinkCycle*. Obtido de [http://www.linkcycle.com/review-of-top-energy-management-software/?goback=.gde\\_2788572\\_member\\_246443772](http://www.linkcycle.com/review-of-top-energy-management-software/?goback=.gde_2788572_member_246443772)
- Marchais, J.-J. (2011). Making Permanent Savings with Active Energy Efficiency. Schneider Electric SAS.
- MarketsandMarkets. (2013). *Energy Management Systems Market*.
- McCaffrey, M., & Monaghan, P. (2012). *Energymanagertoday - EnMS and EMIS: What's the Difference?* Obtido de Enerit.
- Menghal, P. M., & Kudarial, C. S. (2010). *Smart and Intelligent Energy Management System Using GSM Technology*.
- Metering Solutions UK . (2005). Obtido de <http://www.meteringsolutions.co.uk/energy.htm>
- Milheiro, J. (2012). *Relatório de Manutenção do Edifício de Alfragide*.
- National Climatic Data Center - National Oceanic and Atmospheric Administration. (s.d.). *National Climatic Data Center*. Obtido em 2013, de <http://www.ncdc.noaa.gov/indicators/>
- New Buildings Institute. (s.d.). Obtido de <http://newbuildings.org/kpi>
- New Buildings Institute. (Julho de 2009). *Advanced Metering and Energy Information Systems*.
- Northstar Telemetry. (2013). *The OAMR - Optical Meter Reader*. Obtido de <http://www.northstartelemetrics.com/product/oamr-optical-meter-reader>
- Northwest Energy Efficiency Alliance. (2013). *Energy Baseline Methodologies for Industrial Facilities*. Portland.
- Organisation Intergouvernementale de la Convention du Mètre. (2006). *Bureau International des Poids et Mesures*. Obtido de [http://www.bipm.org/en/si/si\\_brochure/chapter2/2-2/table3.html](http://www.bipm.org/en/si/si_brochure/chapter2/2-2/table3.html)



- Peglau, R. (2014). *DIN Deutsches Institut für Normung*. Obtido de <http://www.nagus.din.de/cmd?cmsrubid=167405&2=&menurubricid=167405&level=tpl-artikel&menuid=47224&languageid=de&cmstextid=167397&cmsareaid=47224>
- RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios) . (7 de Maio de 2006). *(Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios)* . Portugal.
- Salema, D., & Abreu, A. (2014). *Plano de Monitorização, Medição e Verificação do Desempenho Energético do Campus de Alfragide*.
- Salema, D., & Henriques, J. (2013). *Consumos de Referência, Metodologia de Ajuste da Baseline e Indicadores de Desempenho Energético*. Lisboa.
- Salema, D., Abreu, A., & Palma, N. (2014). *O Sistema de Gestão de Energia do LNEG - Processo de Implementação e Resultados*. Lisboa.
- Santos, J. (2012). *Aplicabilidade do Programa de Eficiência Energética Eco.Ap – Caso de Estudo*.
- Schneider Electric. (Março de 2012). ISO 50001: Recommendations for compliance. *White Paper*.
- Schneider Electric. (2012). *Setting Standards for Energy-Efficient Control Networks*.
- Schneider Electric. (2013). Obtido de [http://www.powerlogic.com/product.cfm/c\\_id/2/sc\\_id/15/p\\_id/28#](http://www.powerlogic.com/product.cfm/c_id/2/sc_id/15/p_id/28#)
- Sullivan, G., Hurt, W., Pugh, R., Sandusky, W., Koehler, T., & Boyd, B. (2011). *Metering Best Practices*. US Department of Energy.
- Sustainable Energy Authority of Ireland. (s.d.). *Develop and Monitor Energy Performance Indicators (EPIs)*. Obtido de [http://www.seai.ie/EnergyMAP/Review/Step\\_17\\_Develop\\_and\\_Monitor\\_Energy\\_Performance\\_Indicators\\_EPIs\\_/Step\\_17\\_Guide\\_1\\_How\\_to\\_develop\\_and\\_monitor\\_energy\\_performance\\_indicators\\_EPIs\\_/](http://www.seai.ie/EnergyMAP/Review/Step_17_Develop_and_Monitor_Energy_Performance_Indicators_EPIs_/Step_17_Guide_1_How_to_develop_and_monitor_energy_performance_indicators_EPIs/)
- U.S. Department of Energy. (s.d.). *Metering for Operations and Maintenance*.
- Universal Flow Meters. (2014). Obtido de <http://www.flowmeters.com/ultrasonic-technology>
- Universal Flow Monitors. (2014). Obtido de <http://www.flowmeters.com/thermal-technology>
- US Department of Energy. (2011). *Metering Best Practices*.
- US Energy Information Administration. (2007). *Oil and Gas Journal*.
- Utilities Direct. (2012). *Utilities Direct Monitoring and Targeting Software*. Obtido de [http://www.utilitiesdirect.co.uk/monitoring\\_and\\_targeting.aspx](http://www.utilitiesdirect.co.uk/monitoring_and_targeting.aspx)

Verisae. (2009). Obtido de <http://www.verisae.com/energy-information-systems/Energy-Systems-Overview/>

Wired. (2008). Obtido de Wired: [http://www.wired.com/science/discoveries/news/2008/08/dayintech\\_0814](http://www.wired.com/science/discoveries/news/2008/08/dayintech_0814)

Womack, A. (s.d.). Obtido de [http://www.fluidcomponents.com/articles/gasflowmeasurement\\_0508.pdf](http://www.fluidcomponents.com/articles/gasflowmeasurement_0508.pdf)

Wunderground. (2013). *Weather Underground*. Obtido em vários de 2013, de [www.wunderground.com/weatherstation/WXDailyHistory.asp?ID=ILISBONA1](http://www.wunderground.com/weatherstation/WXDailyHistory.asp?ID=ILISBONA1)

ZigBee Alliance. (2013). *ZigBee Alliance*. Obtido de <http://www.zigbee.org/>